*Б. А. Архангельский*
*и*
*Б. С. Вайсгант*

# ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

ЛЕНИЗДАТ
1950

Б. А. Архангельский и Б. С. Вайсгант • ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Б. А. АРХАНГЕЛЬСКИЙ и Б. С. ВАЙСГАНТ

# ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

*Ленинградское*
*газетно-журнальное и книжное*
*издательство*
1950

*Под редакцией*
*доц. В. И. Слонимского*

Брошюра содержит описание свойств пластических масс, основных методов их переработки и примеров использования в различных отраслях промышленности.

Она предназначена для инженеров, техников и стахановцев, занимающихся переработкой и использованием пластических масс.

Отзывы и пожелания издательство просит присылать по адресу: Ленинград, Торговый пер., 3, Лениздат.

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Использование передовой техники во всех отраслях народного хозяйства тесно связано с широким развитием производства и применения синтетических материалов.

Пластические массы, занимающие большое место в этой группе материалов, способствуют разрешению целого ряда технических проблем, главным образом в области машиностроения, электротехники, приборостроения и т. п. Без применения пластических масс такие отрасли, как телефония, радиотехника и другие, не могли бы достичь своего современного уровня.

Сотни и тысячи различных крупных и мелких деталей уже успешно изготовляются из различных видов пластиков. Пластические массы используются во многих отраслях промышленности как конструктивный материал для изготовления корпусов изделий. Чрезвычайно большие перспективы применения пластиков открылись после разработки легковесных прочных материалов, обладающих высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами.

Еще более широкое внедрение в промышленность различных пластиков является неотложной и первоочередной задачей, тем более что пластическими массами можно заменять дорогостоящие цветные металлы, их сплавы, тропические смолы, натуральный каучук и другие ценные материалы.

Конференция инженеров, техников и стахановцев, работающих в области переработки и применения пластических масс, проведенная в Ленинграде в 1948 году, выявила большой интерес широких кругов специалистов к использованию пластиков в народном хозяйстве.

Вместе с тем на конференции отмечалось отсутствие популярной литературы, а также справочных материалов

по физико-механическим свойствам различных пластиков, областям их применения, проектированию прессформ и выбору оборудования, необходимого для переработки пластиков.

Настоящая брошюра должна, в известной степени, восполнить указанный пробел. Она состоит из трех разделов: в первом дано краткое описание свойств пластиков, во втором рассмотрены основные методы их переработки и в третьем приведены примеры использования пластических масс в различных отраслях промышленности.

В брошюре не освещены полностью все вопросы переработки и использования пластических масс. Изложенные в ней сведения могут, однако, оказать существенную помощь инженерам, техникам и стахановцам, не имеющим специального химического образования, занимающимся переработкой пластических масс и внедрением их в промышленность.

*Авторы*

## ВВЕДЕНИЕ

Пластические массы обладают рядом положительных особенностей, предопределяющих целесообразность их применения в различных областях народного хозяйства. Эти особенности следующие.

1) Низкий удельный вес. Для большинства пластиков удельный вес колеблется в пределах 1,25—1,45 и лишь для немногих доходит до 1,8. Наряду с этим, имеются пластики, удельный вес которых составляет 0,025, т. е. более легкие, чем пробка.

В среднем пластические массы в два раза легче дюраля и в пять раз легче большинства черных и цветных металлов. Это обстоятельство имеет существенное значение, особенно в авиастроении, судостроении, автостроении и в других отраслях промышленности. Кроме того, очевидно, что для производства определенного количества деталей из пластических масс требуется в несколько раз меньше сырья, чем для такого же количества металлических деталей.

2) Высокая стойкость при действии корродирующих агентов. На пластики не действуют атмосферные осадки, слабые (а во многих случаях и сильные) кислоты и щелочи. В то же время почти все металлы разрушаются перечисленными веществами и поэтому для предохранения требуют применения специальных покрытий. Как следствие — пластики особенно охотно используют в тех случаях, когда необходима повышенная химическая стойкость.

3) Прекрасные диэлектрические свойства. Все пластики обладают высокими электроизоляционными свойствами, которые делают их весьма ценным и, пожалуй, незаменимым материалом для изоляции проводов, электрических машин и аппаратов. Особенно незаменимы

пластические массы в радиотехнике в качестве высокочастотных диэлектриков.

4) Прозрачность, а также способность окрашиваться. Имеются пластики, обладающие высокой прозрачностью. Их ценным свойством является способность пропускать ультрафиолетовые лучи.

Пластики почти всех типов могут быть получены в виде масс, окрашенных в любые цвета. Детали из них не нуждаются в поверхностной окраске и лакировке.

5) Хорошие декоративные качества. Из пластиков изготовляются облицовочные и отделочные материалы разнообразных расцветок и оттенков; как следствие — пластики начинают широко внедряться в строительство.

6) Высокие механические свойства. Некоторые пластические массы обладают прочностью чугуна или бронзы. Получены специальные типы пластиков, приближающиеся по прочности к углеродистой стали. Следует также отметить антифрикционные свойства, обеспечивающие применение пластиков для таких ответственных целей, как изготовление вкладышей подшипников прокатных станов, судовых подшипников и др. Специальные сорта пластиков, наоборот, могут быть использованы в качестве фрикционных тормозных материалов.

Водостойкие клеи на основе пластических масс представляют незаменимый материал для изготовления ответственных строительных конструкций.

7) Эффективность методов переработки. Большинство пластиков перерабатывается прессованием или литьем под давлением. При помощи одной пресс-формы можно изготовить с минимальной затратой рабочей силы и оборудования тысячи однотипных деталей.

Технология изготовления деталей из пластиков выгодно отличается от обработки на станках: ряд сложных операций заменяется одной, к тому же без отходов материала в стружку, имеющих место при обработке резанием.

Новейшие методы физико-химического воздействия позволяют строить молекулы пластиков в желаемые группировки, обладающие заранее заданными свойствами. Так, например, в настоящее время искусственно „сшивают“ отдельные молекулы между собой при помощи промежуточных групп атомов. В результате этого зна-

чительно повышаются теплостойкость и некоторые химические свойства конечного материала.

Применяя методы ориентации молекул в определенных направлениях, удается повысить механические свойства пластиков. Для этой цели, например, пластики некоторых типов вытягивают в определенных направлениях. Их молекулы ориентируются в тех же направлениях, в результате чего механические свойства материала повышаются.

Изготовляя пластики в виде тонких нитей или пленок, также удается достичь высокой прочности, так как при этом исключается возможность образования щелей и трещин.

Положительными особенностями пластиков объясняется тот факт, что производство их из года в год растет, превосходя своим ростом производство всех остальных материалов. В 1929 году, например, мировая продукция пластиков составляла 80 000 тонн, через 8 лет она уже выросла до 250 000 тонн и достигает сейчас миллиона тонн в год.

В Советском Союзе производство пластических масс развивается высокими темпами, значительно превышающими заграничные. В настоящее время в СССР изготовляются все типы пластиков, которые производятся за границей. Советские научно-исследовательские институты, возглавляемые профессорами С. Н. Ушаковым, А. А. Ваншейдтом, Г. С. Петровым, Б. Н. Рутовским, К. А. Андриановым, И. П. Лосевым и другими, разработали для отечественной промышленности ряд новых пластических масс, обладающих высокими свойствами. Это было отмечено присуждением многим из наших ученых Сталинских премий.

Член-корреспондент Академии наук профессор С. Н. Ушаков указывает, что, несмотря на достигнутые уже гигантские успехи, промышленность стоит сейчас на пороге новых качественных сдвигов, в результате которых откроются практически неограниченные области применения пластических масс.

Действительно, из пластических масс может быть, например, изготовлен целиком кузов автомобиля. Вес автомобиля при этом снижается почти на полтонны. Следует отметить, что и сейчас автомобиль имеет свыше ста деталей из пластических масс. Еще более разитель-

ные результаты дает применение пластиков в самолетостроении. Цельнопластические самолеты собираются без единой заклепки, с помощью специальных клеев из искусственных смол, тогда как в металлическом самолетостроении проблема „миллиона заклепок" является наиболее трудно разрешимой.

Даже замена недефицитных материалов пластиками в ряде случаев также весьма эффективна. Так, применение пластических масс позволило снизить вес морской шлюпки с 677 кг до 255 кг. К тому же улучшилось качество и значительно ускорился процесс изготовления шлюпки.

Нет почти ни одной машины, в которой не было бы деталей из пластических масс. Пластики широко и прочно вошли в быт. Пятилетний план восстановления и развития народного хозяйства СССР предусматривает поэтому значительное расширение производства пластиков на базе синтетического сырья.

*Глава I*

# СОСТАВ И СВОЙСТВА ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

## 1. СТРУКТУРА ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

Пластическими массами[1] в технике называют материалы сложной химической структуры, пластичные на определенных этапах их производства. В таком состоянии эти материалы могут быть отформованы, сохраняя в дальнейшем приданную им форму без изменения.

Пластические массы никогда не состоят из одного вещества, как например металлы. В состав пластика обязательно входит органическое вещество, связывающее все остальные части и придающее пластику определенные свойства. Таким веществом являются искусственные и некоторые природные смолы, производные целлюлозы и др.

Эти вещества образованы из очень крупных молекул, атомы которых распределены определенным образом. Молекулы отличаются большой стойкостью и прочностью, вследствие чего такими же свойствами обладают и пластические массы, изготовленные на основе таких материалов, называемых высокомолекулярными.

Кроме того, в состав пластика входят полностью или частично следующие материалы:

1) наполнители, удешевляющие пластическую массу и повышающие ее механические свойства;

2) пластификаторы, придающие пластику пластичность и гибкость;

3) смазывающие вещества, облегчающие прессование пластиков;

---

[1] А также пластиками, пластмассами.

4) стабилизаторы, способствующие сохранению пластиком всех первоначальных свойств;

5) красители, сообщающие пластику определенную окраску;

6) специальные вещества (например, светящиеся составы) и др.

Как уже указывалось, обязательным является присутствие в пластике связующего органического вещества; другие перечисленные материалы могут входить лишь частично, в зависимости от природы и назначения пластика.

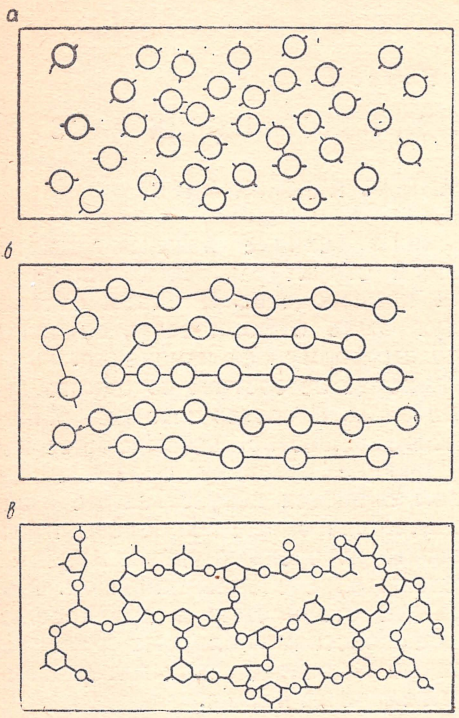


Рис. 1. Строение молекул мономера и полимера:

*а* — структура мономера, *б* — структура полимера, *в* — структура конденсационного полимера.

Органическое связующее получается в основном из нескольких веществ, обладающих более простой структурой. Первоначально органическое вещество состоит из сравнительно несложных молекул, но затем отдельные молекулы соединяются вместе, образуя так называемую макромолекулу, содержащую большое число атомов. Соединение нескольких молекул в одну большую называется полимеризацией, полученное вещество — полимером, а исходное вещество — мономером.

Процесс полимеризации может проходить двояко: отдельные молекулы мономера (рис. 1*а*) связываются между

собой, образуя длинные молекулярные линии или нити (рис. 1*б*). Состав полученного линейного полимера соответствует составу мономера.

По другому пути полимеризация идет, когда молекулы мономера связываются между собой сложными узлами, расположенными в виде сетки, имеющей все три измерения (длину, высоту и ширину). В результате этого образовывается так называемая трехмерная молекула (рис. 1*в*) и выделяются побочные продукты реакции, например вода. В этом случае состав полученного полимера уже не соответствует составу первоначального мономера.

Этот тип полимеризации называется конденсационной. Полученные в результате конденсационной полимеризации пластики большею частью обладают одним замечательным свойством: при нагревании или при значительной выдержке во времени процесс конденсации идет глубже, с образованием еще более сложных молекул. Пластик приобретает новые свойства. Если первоначально он плавился и растворялся в спирте и в других растворителях, то после нагревания образовавшиеся крупные молекулы (макромолекулы) уже не реагируют на различные физические воздействия: пластик перестает плавиться и растворяться.

Конденсационные пластики поэтому называются термореактивными, или реактопластами.

Пластики, получаемые в результате процесса линейной полимеризации, обладают постоянно плавкими свойствами и поэтому называются термопластичными, или термопластами.

В процессе линейной полимеризации могут участвовать различные молекулы, принадлежащие веществам, отличающимся друг от друга. Например, можно полимеризовать вместе такие вещества, как хлористый винил и винилацетат. В результате их совместной полимеризации образуются материалы, обладающие смешанными свойствами.

Подобные материалы называются сополимерами, или кополимерами. Некоторые сополимеры имеют большое значение в технике.

В зависимости от исходных органических материалов, входящих в их состав, пластики делятся на группы и типы, а также получают следующие наименования:

1) фенолальдегидные, или фенопласты,
2) карбамидные, или аминопласты,
3) алкидные, или глифтали,
4) полиамидные,
5) поливиниловые,
6) акриловые,
7) полистироловые,
8) аллиловые,
9) на основе полимеризованных углеводородов,
10) на основе эфиров целлюлозы,
11) белковые и
12) битумные (асфальтопековые).

## 2. ФЕНОПЛАСТЫ

Фенолальдегидные пластики или фенопласты получаются путем смешивания фенолальдегидных искусственных смол с различными наполнителями, красителями и другими веществами, придающими определенные свойства композиции.

Фенопласты принадлежат к наиболее известным в промышленности пластическим массам. Они часто называются бакелитом, карболитом и т. п. Промышленный способ получения фенопластов был разработан в России в 1912 году профессором Г. С. Петровым.

Фенопласты образуются при взаимодействии фенола и формальдегида в присутствии веществ, ускоряющих реакцию (катализаторов). Фенол (карболовая кислота) представляет собой белые полупрозрачные кристаллы, обладающие характерным запахом. Он получается из каменного угля.

Вместо фенола можно использовать родственные ему соединения: крезол, резорцин и др.

Формальдегид представляет собою газ с резким, раздражающим запахом. Он применяется всегда в виде водного раствора, называемого формалином. Формальдегид заменяется иногда фурфуролом, масляным альдегидом и др.

Фенолальдегидные смолы получают в аппаратах, называемых „реакторы", один из которых изображен на рис. 2. В реактор *12* в определенных соотношениях загружают: расплавленный фенол из мерника *1*, формалин из мерника *2* и катализатор (аммиак, соляную кислоту и др.) из мер-

ника 3. Загруженные вещества нагреваются в реакторе при помощи пара, пропускаемого через рубашку 11. Для ускорения процесса загрузку перемешивают мешалкой 9.

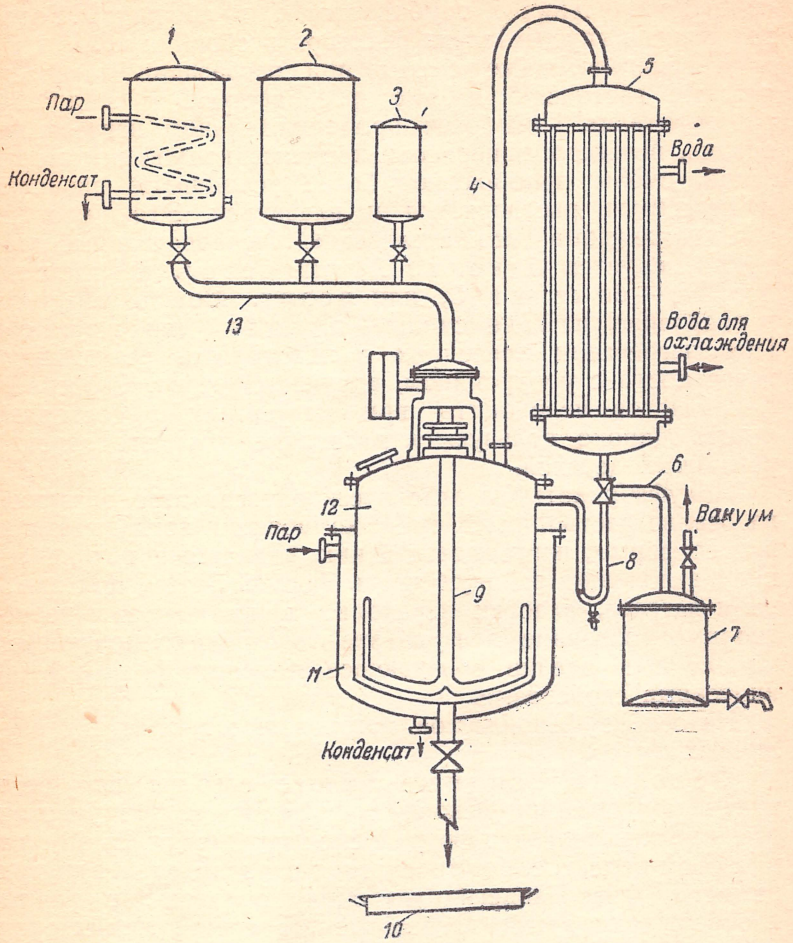


Рис. 2. Схема реактора для изготовления искусственных смол:
*1* — мерник для фенола; *2* — мерник для формалина; *3* — мерник для катализатора; *4* — трубопровод; *5* — холодильник-конденсатор; *6* — трубопровод; *7* — сборник; *8* — трубопровод; *9* — мешалка; *10* — сборник для готовой продукции; *11* — паровая рубашка; *12* — корпус реактора; *13* — питательный трубопровод.

Выделяющиеся при нагревании пары охлаждаются в холодильнике-конденсаторе *5*.

В результате реакции получается вязкая смола, вода из которой удаляется при нагревании вакуумнасосом через холодильник *5*, трубопровод *6* и сборник *7*. Готовая смола выпускается из реактора в сборник *10*.

Фенолальдегидные смолы при нагревании плавятся, а также растворяются в спирте, ацетоне и в других растворителях. При более продолжительном нагревании, однако, вследствие процесса конденсационной полимеризации, смолы приобретают более устойчивые свойства и перестают растворяться и плавиться. Этот процесс в технике называется бакелизацией. Первоначальный продукт именуется бакелит А, или резол, а конечный продукт — бакелит С, или резит. Можно получать и постоянно плавкие смолы — новолак или идитол. При нагревании последних с некоторыми веществами, в частности с уротропином, получается резит. Свойством фенопластов переходить при нагревании в состояние резита широко пользуются в технике для изготовления различных деталей.

Полуфабрикаты из пластической массы изготовляются на основе растворимых смол; композиции закладываются в прессформы, нагреваются в них, плавятся и под давлением заполняют рабочую часть формы. Затем, под влиянием нагрева, пластик переходит в неплавкое и нерастворимое состояние. В результате этого процесса получается монолитное изделие, обладающее высокими физико-механическими свойствами.

На основе фенопластов изготовляются пластики различных типов.

Фенолальдегидные литые смолы получают путем конденсации фенола с формалином при участии различных катализаторов. Эти смолы применяются обычно в чистом виде, т. е. без добавления наполнителей и других веществ. Фенолальдегидную смолу отливают в формы и отверждают в них нагреванием. В состав литых смол могут быть введены красители для получения продукта различных расцветок. Чистые литые смолы прозрачны, янтарно-желтого цвета. Вследствие этого они служат заменителями натурального янтаря. Могут быть получены смолы белого цвета (неолейкорит) или других расцветок.

Отечественная промышленность выпускает следующие

виды литых смол: литой карболит, литой резит и неолейкорит. Физико-механические свойства их следующие:

предел прочности при сжатии, в кг/см$^2$: 1000—1100;

предел прочности при разрыве, в кг/см$^2$: 200—250;

предел прочности при статическом изгибе, в кг/см$^2$: 300—500;

объемное электрическое сопротивление, в ом · см: $10^{12}$—$10^{13}$.

Литые смолы используются, главным образом, в галантерее (пуговицы, мундштуки, бусы, различные украшения и пр.) и в качестве электроизоляторов.

Прессовочные порошки получаются путем смешивания фенолальдегидных смол с наполнителями, красителями, смазочными веществами и т. д. Наполнителем большей частью является древесная мука, которая удешевляет композицию и, кроме того, улучшает ее физико-механические свойства. Отечественная промышленность изготовляет прессовочные порошки марок монолит и карболит (К-21-22, К-18-2 и др.).

Физико-механические свойства отпрессованных из порошков изделий следующие:

предел прочности при сжатии в кг/см$^2$: 1300—1400;

предел прочности при разрыве в кг/см$^2$: 250—300;

предел прочности при статическом изгибе в кг/см$^2$: 400—600;

удельная ударная вязкость, в $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$: 4;

теплостойкость[1], в °С: 100—110.

Путем прессования в прессформах порошки перерабатываются в изделия. Этот метод переработки наиболее рационален и дешев, вследствие чего широко используется в нашей промышленности.

Волокнистые прессовочные материалы обладают более высокими механическими свойствами, чем прессовочные порошки, почему и применяются в тех случаях, когда требуются более прочные детали. Наполнитель в данном случае уже не древесная мука, а отходы

---

[1] Характеристикой теплостойкости пластика служит температура, при которой консольно заделанный образец, под влиянием определенного груза, деформируется на заранее установленную величину. Для этой цели наблюдают за деформацией образца, помещенного в термостат, постепенно повышая температуру последнего.

хлопка (линт, делинт). Для теплостойких композиций применяют асбест.

Отечественная промышленность изготовляет волокнистые прессовочные массы следующих марок: волокнит, масса К-6 (с асбестом), масса К-ФЗ (с асбестом) и др. Физико-механические свойства их приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Физико-механические свойства волокнистых прессовочных масс** [1]

| Свойства | Наименование масс | |
|---|---|---|
| | волокнит | К-6 |
| Предел прочности при сжатии, в кг/см² . . | 1000—1400 | 1000—1400 |
| Предел прочности при разрыве, в кг/см² . | 300— 400 | 300 |
| Предел прочности при статическом изгибе, в кг/см² . . . . . | 500 | 600—800 |
| Теплостойкость, в °С . . . . . | 110 | 200 |

Слоистые массы изготовляют прессованием пропитанных фенолальдегидной смолой бумаги, хлопчатобумажных тканей или листов древесины. Прессовочные материалы, известные под названием бумолит, или гетинакс, имеют в качестве основы бумагу, а текстолит — ткань. Древесные слоистые пластики, называемые лигнофоль, фанерит, или сокращенно ДСП, создаются на основе древесины (шпона). Последний тип пластиков приобрел широкое применение вследствие своей дешевизны и высоких механических свойств.

Нашей промышленностью освоено производство бакелитовой бакелизированной фанеры, обладающей высокой водостойкостью. Эти типы фанеры получают путем склеивания шпона фенопластами. Толщина листов бакелизированной фанеры доходит до 20 мм. В самое по-

[1] Здесь и в последующем идет речь о свойствах деталей, изготовленных из соответствующих типов пластических масс.

следнее время появился новый слоистый пластик, обладающий высокими свойствами. Его изготовляют путем проклейки ткани из стеклянных волокон. Благодаря применению стеклянной ткани получают прочную композицию, обладающую минимальным водопоглощением, высокой теплостойкостью и хорошими физико-механическими свойствами. Этот материал называется стеклотекстолит.

Для получения теплостойких композиций слоистые пластики могут быть изготовлены на основе пропитанной асбестовой ткани.

Физико-механические свойства слоистых пластиков приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Физико-механические свойства слоистых пластиков**

| Свойства | Наименование пластиков | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | гетинакс | текстолит | ДСП-А | ДСП-С | стекло-текстолит |
| Предел прочности при сжатии, в кг/см² . . . | 2000 | 2500 | 1700 | 1400 | 2500 |
| Предел прочности при разрыве, в кг/см² . . | 1000 | 800—1000 | 2800 | 1250 | 3000 |
| Предел прочности при статическом изгибе, в кг/см² . . . . . | 1000—1300 | 1400—1600 | 2700 | 1300 | 3000 |
| Удельная ударная вязкость, в $\frac{кг \cdot см}{см^2}$ . . . | 16—20 | 20—40 | 80 | 40 | 80—100 |
| Теплостойкость, в °С . | 150 | 125 | 140 | — | 200 |

## 3. АМИНОПЛАСТЫ, АЛКИДНЫЕ, ПОЛИАМИДНЫЕ И КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ СМОЛЫ

Карбамидные пластики, или аминопласты, получаются на основе искусственной смолы, являющейся продуктом конденсации карбамида (мочевины) с формаль-

дегидом (формалином). В качестве наполнителя применяют целлюлозу (бумагу). Технологический процесс изготовления аминопластов высокого качества разработан профессором Ленинградского технологического института А. А. Ваншейдтом и его сотрудниками. Аминопласты могут быть окрашены в любые цвета. Так как в составе аминопластов нет ядовитых веществ, то изделия из них употребляются в качестве пищевой тары.

Меламиновые пластики обладают более высокими свойствами, чем аминопласты, особенно в отношении водостойкости. От карбамидных пластиков они отличаются тем, что вместо карбамида применяется родственный ему продукт — меламин.

Слоистые аминопласты производятся на основе прессованных материалов, бумаги или ткани, пропитанных карбамидными или меламиновыми смолами. Выбирая бумагу или ткань соответствующих расцветок, можно получить окрашенные в желаемые цвета прочные облицовочные листы.

Физико-механические свойства аминопластов следующие (табл. 3):

Таблица 3

**Физико-механические свойства аминопластов**

| Свойства | Наименование материалов | | |
|---|---|---|---|
| | карбамидный прессовочный порошок | меламиновый прессовочный порошок | слоистые аминопласты |
| Предел прочности при сжатии, в кг/см² . . . | 1500 | 1500 | 2000 |
| Предел прочности при разрыве, в кг/см² . . | 300—400 | 400—600 | 800 |
| Предел прочности при статическом изгибе, в кг/см² . . . . . | 400—600 | 500 | 1200 |
| Удельная ударная вязкость, в $\frac{кг \cdot см}{см^2}$ . . . | 5 | 6 | 20 |
| Теплостойкость, в °С . . | 90 | 120 | 100 |

Анилино-формальдегидные смолы и пластические массы получаются на основе продуктов конденсации анилина с формальдегидом. По своим показателям они близки к фенопластам и аминопластам, отличаясь высокими диэлектрическими свойствами (табл. 4).

Таблица 4

**Диэлектрические свойства анилиновых пластических масс**

| Свойства | Наименование материала | |
|---|---|---|
| | чистая смола | прессованный пластик с 50% древесной муки |
| Предел прочности при изгибе, в кг/см² | 600—1000 | 600—1100 |
| Тангенс угла потерь | 0,008—0,05 | 0,01—0,08 |
| Средняя пробивная напряженность, в кв/мм | 12—18 | 8—15 |

Алкидные пластики получают при взаимодействии многоосновных кислот или их ангидридов с многоатомными спиртами. Из этой группы наиболее известными пластиками являются глифталевые, которые изготовляют из фталевого ангидрида и глицерина. В состав глифталей вводят растительные масла. Алкидные пластики самостоятельно редко применяются для изготовления различных изделий. Большей частью они используются в составе пленкообразующих веществ (лаков и красок), в составе клеев и пр.

Полиамидные пластики лишь недавно освоены промышленностью. Они получаются примерно таким же образом, как алкидные пластики, но только вместо многоатомных спиртов используют диамины [1] (например, гексаметилендиамин).

Полиамиды очень вязки, малотекучи, даже при температуре их образования. Они не растворимы в большинстве органических растворителей и обладают очень высокой температурой плавления. Хотя полиамиды относятся

[1] Химические соединения, содержащие азот.

к термопластичным материалам, но высокая теплостойкость приближает их к термоактивным пластикам.

Из полиамидных пластиков изготовляют толстое искусственное волокно, заменяющее естественную щетину, и тонкое волокно (капрон), заменяющее натуральный шелк. Первоначально полиамидная пряжа не отличается прочностью, вследствие хаотического размещения молекул. Поэтому последние искусственно ориентируют в определенном направлении растягиванием волокон пряжи. В отличие от других сортов искусственного шелка и, в частности, вискозного, полиамидное волокно почти не теряет прочность во влажном состоянии.

Физико-механические свойства полиамидных пластиков следующие:

предел прочности при сжатии, в $кг/см^2$: 1000;

предел прочности при растяжении, в $кг/см^2$: 800—900;

удельная ударная вязкость, в $\frac{кг \cdot см}{см^2}$: 15.

Кремнийорганические пластики содержат, кроме углерода, водорода и других элементов, обычно входящих в состав органических соединений, еще и кремний.

Исследование пластиков на основе кремнийорганических соединений началось с 1935 года. Главнейшие работы в этой области были проведены советским ученым, профессором К. А. Андриановым.

Смолообразные продукты на основе рассматриваемых соединений построены из молекул, в которые входят атомы кремния и углерода. Высокополимерные соединения могут быть получены в виде жидких маслообразных продуктов или в виде каучукоподобных веществ и твердых смол.

Пластические массы на основе кремнийорганических смол обладают высокой теплостойкостью и хорошими диэлектрическими свойствами. Поэтому они нашли широкое применение в приготовлении теплостойкой изоляции, а также для некоторых специальных целей.

Кремнийорганические продукты в виде вязких жидкостей или вазелиноподобных масс можно применять в качестве смазочных веществ в пределах температур 60—150°.

Каучукоподобные продукты, обладая достаточно высокой эластичностью, отличаются от обычной резины исключительно высокой теплостойкостью, т. е. допускают нагрев до 200° без разрушения. Это дает возможность

использовать эти продукты в качестве теплостойких уплотнений для ртутных выпрямителей, прокладок моторов, изоляции проводов и т. п.

Кремнийорганические лаки (в виде пленок) также теплостойки, могут работать при нагревах до 200°, а при очень высоких нагревах (500—600°) не дают науглероженных пленок. Последнее свойство позволяет с успехом использовать их для производства жаростойкого миканита, стекломиканита, а также для пропитки обмоток электрических машин.

Рассмотренные материалы весьма ценны тем, что мало меняют свои свойства при низких температурах. Это изменение меньше допустимого для органических масел и каучукообразных материалов.

Физико-механические свойства кремнийорганических пластиков приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Физико-механические свойства кремнийорганических пластиков**

| Свойства | Наименование материала | | |
|---|---|---|---|
| | Каучукообразный пластик с минеральным наполнителем | Слоистые пластики | |
| | | на основе стеклоткани | на основе асбестовой ткани |
| Удельный вес, в г/см³ | 1,4—2,0 | 1,6—1,8 | 1,75 |
| Предел прочности при разрыве, в кг/см² | 14—45 | 700—1100 | — |
| Удлинение при разрыве, в % | 100—225 | — | — |
| Предел прочности при сжатии, в кг/см² | — | 2450 | 2800—3500 |
| Предел прочности при изгибе, в кг/см² | — | 700—1200 | 840—1100 |
| Теплостойкость при продолжительном нагревании, в °С | — | 250 | 250 |
| Температура прессования, в °С | 149 | 180— 200 | 180— 200 |
| Давление при прессовании, в кг/см² | 10—15 | 70— 150 | 70— 150 |

## 4. ВИНИЛОВЫЕ ПЛАСТИКИ

Виниловые смолы и пластические массы на их основе за последние годы приобрели большое значение в промышленности.

Отличительной чертой этих материалов является их термопластичность. Молекулы виниловых пластиков получаются путем соединения в длинную цепеобразную макромолекулу более мелких молекул мономеров. Обычно мономеры представляют собою жидкости, а иногда и газы.

В результате полимеризации получаются твердые или жидкие вязкие продукты. Полимеризация ускоряется в присутствии перекисных соединений (перекиси водорода, перекиси бензоила и др.).

Характерной чертой виниловых пластиков является их высокая стойкость к действию химических веществ и к процессам окисления и старения. Виниловые пластики характеризуются также отсутствием вкуса и запаха.

Для увеличения эластичных свойств виниловых пластиков в их состав обычно вводят специальные вещества, называемые пластификаторами. В качестве последних применяют трикрезилфосфат, дибутилфталат и другие эфиры фталевой кислоты. Наполнители в составе виниловых пластиков используются весьма редко, в отличие от термореактивных масс, в составе которых присутствие наполнителей почти обязательно.

Как уже указывалось ранее, полимеры виниловых пластиков могут образовываться не только при соединении однородных молекул, но и разных по химическому составу. Так, например, получают продукты совместной полимеризации хлористого винила и винилацетата и др.

Полихлорвинил в настоящее время приобрел большое распространение. Он широко применяется в промышленности и в быту под названием пластикат.

Полихлорвинил был впервые получен в 1912 году в России. Однако промышленное изготовление его началось лишь после 1930 года.

Полихлорвинил представляет собой типичный термопласт и получается полимеризацией хлористого винила — газа, сжижающегося при — 12,5°.

В результате полимеризации хлористого винила образуется белая порошкообразная смола, из которой затем изготовляют различные пластические массы. Путем горя-

чего вальцевания чистой смолы можно получить твердый рогообразный продукт, называемый винидур, децелит и т. д.

В состав полихлорвинила вводят стабилизаторы, предохраняющие продукт от разложения при высоких температурах. Для этой цели большей частью используются свинцовые соединения (углекислый свинец, глет и др.). В качестве смазочных веществ в состав пластика вводят стеарат кальция, одновременно являющийся стабилизатором.

Почти всегда к полихлорвиниловой смоле добавляют пластификаторы в количестве от 30 до 70% веса смолы.

В результате горячего перемешивания полихлорвиниловой смолы с пластификатором, стабилизатором и смазочным веществом создается вязкая каучукоподобная, эластичная масса, обладающая термопластичными свойствами. Эту массу можно формовать, перерабатывать в ленты, трубы, штанги, пленки, листы и др. Добавлением различных красителей обеспечивается окраска изделий.

Степень твердости пластиката зависит от количества вводимого пластификатора (табл. 6).

Таблица 6

**Зависимость физических свойств пластиката от количества вводимого пластификатора**

| Весовое содержание пластификатора (трикрезилфосфата), в % к 100 частям смолы | Относительная твердость | Предел прочности при разрыве, в кг/см² | Относительное удлинение при разрыве, в % | Сопротивление раздиранию, в кг/см | Предельная температура гибкости, в °С |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | — | 700 | — | — | 100 |
| 10 | 100 | 600 | 10 | — | 60 |
| 30 | 80 | 300 | 40 | 150 | 20 |
| 40 | 70 | 200 | 60 | 90 | 7 |
| 50 | 60 | 170 | 80 | 40 | — 5 |
| 60 | 40 | 120 | 100 | 25 | —15 |

На полихлорвиниловый пластикат не действуют озон и кислород. Вследствие высокого содержания в материале

хлора пластикат не поддерживает горения. Недостатками являются низкая теплостойкость и хрупкость пластиката при отрицательных температурах. Для получения хладостойкого материала используют специальные типы пластификаторов, замерзающих при очень низких температурах.

Куски полихлорвинилового пластиката с большим трудом склеиваются, но их можно прочно соединять между собой сваркой.

Полихлорвинил успешно применяется в электротехнике для изоляции проводов. Из него могут быть изготовлены гибкие прозрачные трубки для заводской и лабораторной аппаратуры, детали текстильных машин и т. д.

Как это широко известно, из пластиката изготовляются непромокаемые плащи. Для придания прочности пластикату его наносят на ткань. Таким путем в отечественной промышленности вырабатывают материал, носящий название текстовинит. Последний служит заменителем кожи при обивке диванов автобусов, троллейбусов и автомобилей, а также для галантерейных поделок. На поверхность материала тиснением наносят рисунок под шагрень и др.

В химической промышленности полихлорвинил служит для внутренней футеровки аппаратуры, изготовления змеевиковых холодильников, а также в качестве материала для баков и сепараторных пластин аккумуляторных батарей.

Отечественная промышленность производит пластикат, обладающий пределом прочности на разрыв 100 кг/см$^2$, при относительном удлинении 60—70%.

Изготовляется также пластик под названием винипласт, обладающий пределом прочности на разрыв 400—600 кг/см$^2$, при относительном удлинении 10—25%.

Поливинилацетат получается полимеризацией жидкого винилацетата и представляет собою прозрачный пластик, используемый для изготовления изделий, а также в составе клеев и лаков. Самостоятельно поливинилацетат имеет сравнительно небольшое применение, но широко используется в качестве сополимера с хлористым винилом и как исходное сырье для получения других пластиков.

Сополимер хлористого винила и винилацетата получается путем совместной полимеризации 10—35% винилацетата и 90—65% хлористого винила. Могут быть

получены сополимеры и других соотношений. Сополимер обладает более высокими физико-механическими свойствами, чем исходные продукты. Он представляет собой белый порошок, смешиваемый с пластификаторами при нагревании в целях получения эластичного или твердого пластиката. В зависимости от содержания хлористого винила в сополимере, пластик пригоден для различных целей (табл. 7).

Таблица 7

**Влияние содержания хлористого винила на назначение пластика**

| Содержание хлористого винила, в % | Молекулярный вес | Назначение пластика |
|---|---|---|
| 65—70 | 4000— 6000 | Покрытие тканей, совместно с нитроцеллюлозой |
| 86—87 | 8500— 9500 | Прочие пленки |
| 86—87 | 9500—10500 | Патефонные пластинки. Покрытие полов |
| 85—88 | 12000—13000 | Прессовочные композиции |
| 88—90 | 15000—16000 | Листовой материал |

Сополимер с содержанием 23% винилацетата хорошо растворяется в ацетоне. Примером его использования является производство фильтровальных тканей.

Полихлорвинилиден представляет собою вещество, содержащее большее количество хлора, чем полихлорвинил. Хлорвинилиден — жидкость, кипящая при 31,7°С, полимеризующаяся в белый порошок. Весьма часто получают сополимеры с полихлорвинилом.

На основе этого материала может быть создан ряд пластиков, одни из которых легко растворяются и размягчаются при температуре ниже 100°С, другие же, твердые, почти нерастворимые и размягчающиеся при 200°. Полихлорвинилиден и его сополимеры обладают еще большей химической стойкостью, чем полихлорвинил. На них не действует большинство кислот и щелочей любых концентраций. Наиболее известный материал называется саран.

Путем продавливания расплавленного сарана через тонкие отверстия получают нити. Последние весьма прочны, особенно после дополнительного растяжения, производимого для определенной ориентации молекул. Проч-

ность при растяжении обработанных таким образом волокон сарана может быть доведена до 4000—5000 кг/см².

Из волокон полихлорвинилидена изготовляются, например, рыболовные сети и лёски для удочек.

Физико-механические свойства полихлорвинилидена следующие:

удельный вес, в г/см³: 1,6—1,75;

предел прочности при разрыве, в кг/см²: от 1000 до 4200;

относительное удлинение при разрыве, в %: 25;

предел прочности при изгибе, в кг/см²: 1000;

поглощение воды за 24 часа: 0,0;

действие слабых и крепких кислот и щелочей: никакого;

горючесть — незначительная.

Поливиниловый спирт получается в промышленности из поливинилацетата и представляет собою твердый продукт, который можно привести в каучукообразное состояние, обрабатывая его глицерином. Пластики на основе поливинилового спирта не водостойки, так как сам спирт растворяется в воде, но зато эти пластики обладают высокой стойкостью к бензину, маслам и к большинству растворителей. Фактически это почти единственный гибкий материал, на который не действуют такие сильные растворители, как хлорированные углеводороды, сероуглерод, спирт и др.

Пластики из поливинилового спирта стойки к действию кислорода и озона. Трубки из поливинилового спирта обладают свойством передавать звук с минимальным искажением. При этом звук не поглощается стенками трубки.

Поливиниловый спирт может вступать в реакцию с альдегидами, в результате чего получаются вещества, называемые ацеталями.

В промышленности наиболее известны: ацеталь формальдегида, называемый поливинилформаль (формаль, формвар); ацеталь уксусного альдегида — поливинилацеталь (альвар) и ацеталь масляного альдегида — поливинилбутираль (бутвар). Современные процессы синтеза ацеталей были разработаны членом-корреспондентом Академии наук СССР профессором С. Н. Ушаковым.

Формаль — твердый материал, обладающий точкой размягчения в пределах 160—250°. Он растворим в хлорированных углеводородах и диоксане и нерастворим

в водных растворах спиртов, бензине, толуоле и т. д. Формаль может быть пластифицирован путем добавления обычных пластификаторов (трикрезилфосфат, дибутилфталат и др.). При вальцевании формаля с равным количеством трикрезилфосфата получается прозрачный, каучукоподобный, эластичный продукт. Последний может быть растянут в три раза против своей первоначальной длины и характеризуется медленным восстановлением ее.

Формаль является прекрасным диэлектриком и обладает высокой теплостойкостью, вследствие чего должен найти широкое применение в качестве изоляционного материала. Покрытие при помощи этого пластика обладает свойством самовосстановления. Действительно, различные повреждения покрытия могут быть устранены за счет плавления пластика при нагреве. В этом отношении формаль значительно превосходит электроизоляционные эмали, используемые для покрытия проводов.

Бутвар применяется, главным образом, в качестве клеящей композиции. Он, так же как другие ацетали, легко пластифицируется и в таком состоянии может быть растянут в четыре раза против своей первоначальной длины. Теплостойкость бутвара невысокая; он размягчается при 60—70°. Бутвар используется при изготовлении безосколочного стекла,[1] вместо нитроцеллюлозной пленки. Последняя под влиянием прямых солнечных лучей темнеет, вследствие чего снижается прозрачность стекла. Пленки бутвара обладают высокой светостойкостью. Его показатель преломления света — 1,488.

Бутвар может также применяться в качестве заменителя каучука для изготовления непромокаемых тканей. Пленки бутвара сохраняют свою гибкость при низких температурах.

Ацетали поливинилового спирта обладают физико-механическими свойствами, указанными в табл. 8.

Поливиниловые эфиры получаются на основе винилового спирта. Путем воздействия ацетилена на спирт образуются простые эфиры. Полученные соединения легко полимеризуются и могут быть использованы как пластические материалы, стойкие к действию света и электричества.

---

[1] Называемого также „триплекс" и представляющего собой два листа силикатного стекла, склеенных при помощи пленки из пластика.

Таблица 8

**Свойства ацеталей поливинилового спирта**

| Свойства | Наименование ацеталей | |
|---|---|---|
| | формаль | бутираль |
| Удельный вес, в г/см$^3$ . . . . . | 1,2—1,3 | 1,05—1,2 |
| Предел прочности при разрыве, в кг/см$^2$ . . | 600—800 | 35—250 |
| Удлинение при разрыве, в % . . . . . | 7—11 | 150—450 |
| Удельное объемное сопротивление, в ом·см . | $10^{15}$ | $10^{10}$—$10^{11}$ |

## 5. АКРИЛАТЫ, ПОЛИСТИРОЛ, ПОЛИВИНИЛКАРБАЗОЛ И АЛЛИЛОВЫЕ ПЛАСТИКИ

Акриловые пластики образуются путем полимеризации различных производных акриловой кислоты, главным образом ее эфиров и нитрилов.

Полиметилметакрилат — широко известный прозрачный пластик, носящий промышленное название органическое стекло или плексиглас. Он получается путем конденсации ацетона с цианистым натрием через ряд промежуточных продуктов. Мономер — метиловый эфир метакриловой кислоты — представляет собой жидкость, которая полимеризуется в твердый прозрачный продукт при воздействии перекисных соединений и при нагреве. Полимеризация происходит в узких длинных формах, например между листами силикатного стекла. Таким путем получают листы полиметилметакрилата различной толщины.

Листы из органического стекла обладают эластичностью и не разбиваются при ударах. Такое свойство, а также меньший вес по сравнению с силикатным стеклом, предопределили широкое применение этого материала для остекления самолетов. Прямые листы можно при нагревании и незначительном давлении изгибать, придавая им любую форму. Их можно также резать, строгать, полировать и т. д.

Рассматриваемый материал используется также для изготовления часовых стекол. Трубки из органического стекла применяют для точной передачи пучка света (фокусирования) в различных приборах.

Органическое стекло может быть изготовлено в виде прессовочного порошка.

Полистирол образуется полимеризацией мономера — стирола. В результате этого процесса возникает твердый прозрачный материал, обладающий высокими диэлектрическими свойствами. В настоящее время предпочитают полимеризовать стирол не в виде больших кусков (блоков), а в эмульсии. В последнем случае получается мелкий порошок, который перерабатывается литьем под давлением.

Полистирол растворим во многих органических жидкостях. Некоторым недостатком полистирола является его низкая теплостойкость. При нагревании до 70—90° детали, изготовленные из полистирола, могут деформироваться. В целях придания пластику теплостойкости образуют сополимер стирола с дивинилбензолом. Достаточно присутствия в сополимере всего 0,2% дивинилбензола, чтобы повысить теплостойкость пластика до 120—130°. Растворимость материала также значительно понижается. Указанные явления объясняются тем, что нитеобразные молекулы полистирола связываются пространственно дивинилбензолом. В результате получается макромолекула, расположенная в трех измерениях, напоминающая молекулу реактопласта.

Сильные минеральные кислоты и щелочи не действуют на полистирол. Полистирол отличается высокой водостойкостью. Пластики из него легко перерабатываются литьем под давлением при температуре 160—220° и давлении до 700 кг/см$^2$, при прессовании в формах применяется давление от 100 до 300 кг/см$^2$ и температура от 135—170°.

Физико-механические свойства полистирола следующие:

удельный вес, в г/см$^3$: 1,05—1,07;

предел прочности при растяжении, в кг/см$^2$: 200—600;

предел прочности при сжатии, в кг/см$^2$: 800—1000;

предел прочности при изгибе, в кг/см$^2$: 300—1000;

удельное объемное сопротивление, в ом·см: $10^{17}$—$10^{18}$;

усадка при литье, в %: 0,3—0,5.

Поливинилкарбазол представляет собой материал, обладающий высокими диэлектрическими свойствами, примерно соответствующими свойствам стирола, но значительно большей теплостойкости.

Свойства поливинилкарбазола следующие:

удельный вес, в г/см$^3$: 1,2;
предел прочности при изгибе, в кг/см$^2$: 100—400;
температура плавления, в °С: 170—240.

Аллиловые пластики представляют собой термореактивные материалы, получаемые из аллилового спирта и органических двуосновных кислот. Сначала образуется мономер, который затем под влиянием катализаторов переходит в полимер. Чистый полимер — прозрачное твердое вещество, применяемое как органическое стекло.

Жидким мономером пропитывают слоистые наполнители (стеклоткань, бумагу или шпон) и затем прессуют их при нагревании. В результате получают прочные материалы, идущие в качестве заменителей цветных металлов и в строительных конструкциях.

## 6. ПОЛИМЕРИЗОВАННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Полиэтилен образуется полимеризацией газа этилена под давлением. Полимеры могут иметь молекулярный вес от 5000 до 50 000. Наиболее известен полимер, представляющий собой полупрозрачный материал белого цвета.

Полиэтилен малорастворим почти во всех растворителях при обычных температурах. При 70° и выше он становится растворимым в бензоле, толуоле и нефтяных маслах и совершенно нерастворим в спирте, ацетоне, эфире и растительных маслах. Полиэтилен стоек к действию концентрированных азотной и соляной кислот и крепких щелочей, не стоек к концентрированной серной кислоте, в обычных условиях не окисляется, но подвергается действию озона, значительно размягчается и переходит в вязкую жидкость при нагревании от 100 до 115°. Сопротивление растяжению для полиэтилена — 160 кг/см$^2$; сопротивление к ударным нагрузкам — высокое. Отрицательным свойством является мягкость, вследствие чего он может легко подвергаться царапинам и надрезам.

Диэлектрические свойства полиэтилена следующие: объемное электрическое сопротивление, в ом·см: $10^{16}$; тангенс угла потерь: 0,002.

Политетрафторэтилен представляет собой продукт, аналогичный предыдущему, с той разницей, что водород заменен фтором. Введение фтора в молекулу полиэтилена вызывает значительные изменения физических свойств пластика.

Политетрафторэтилен, носящий промышленное название тефлон, обладает очень высокой теплостойкостью, при хороших электроизоляционных и механических свойствах.

Из тефлона изготовляют изделия прессованием при температуре свыше 300°.

Применяют также следующий метод: сначала тонкий измельченный порошок тефлона подвергается холодному прессованию в прессформах при температуре 15—30°, при удельном давлении от 30 до 3000 кг/см$^2$, в зависимости от габарита и формы детали. Отпрессованную деталь вынимают из прессформы и прогревают при температуре 320—400°. Нагревание можно производить в термостате, в расплавленных солях, или с использованием токов высокой частоты. Затем изделие охлаждают. В результате термической обработки мягкая и непрочная, отпрессованная на холоду деталь становится твердой и прочной.

В порошок полимера можно добавлять различные наполнители и в частности асбестовые и стеклянные волокна.

Свойства политетрафторэтилена следующие:

удельный вес, в г/см$^3$: 2,1—2,3;

коэффициент преломления: 1,35;

предел прочности при разрыве, в кг/см$^2$: 150—300;

удлинение при разрыве, в %: 300—400;

предел прочности при изгибе, в кг/см$^2$: 150;

теплостойкость при продолжительном нагревании, в °С: 220;

объемное электрическое сопротивление, в ом·см: $10^{16}$.

Полиизобутилен образуется полимеризацией изобутилена, выделяемого из нефтяного газа. Он известен в технике под названиями оппанол и вистанекс и обладает свойствами каучука. Низшие полимеры изобутилена — жидкости. При молекулярном весе выше 27 000 получается эластичный каучукообразный продукт, однако высокими механическими свойствами обладают пластики, молекулярный вес которых выше 150 000.

Полиизобутилен представляет собой полупрозрачный продукт, обладающий высокой стойкостью к коррозии. Окисляющие реагенты, в том числе и озон, на полиизобутилен не действуют, что объясняется насыщенностью его молекулы.

Полиизобутилен набухает и растворяется в бензине, бензоле, толуоле и хлорированных углеводородах. На него действуют хлор и бром, а также прямой солнечный свет. Под влиянием последнего рассматриваемый материал становится липким вследствие процесса деполимеризации. Водостойкость и диэлектрические свойства полиизобутилена высокие.

Пластические смеси из полиизобутилена используются для изготовления кислотоупорных прокладок, набивок и уплотнений. В смеси с натуральным каучуком и другими материалами он применяется для изоляции кабелей, а в смеси с сажей—для изготовления шлангов и транспортерных лент.

## 7. ПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БЕЛКОВ И БИТУМОВ

Целлулоид является наиболее старой пластической массой, разработанной еще в конце XIX века для замены слоновой кости. Он получается путем смешивания нитроцеллюлозы (нитроклетчатки или коллоксилина) со спиртовым раствором камфоры.

Окрашивая целлулоид в любые цвета и при помощи соответствующих технологических приемов, получают имитации мрамора, рога, слоновой и черепаховой кости и т. д.

Целлулоид изготовляется в виде листов, размером от 1,5 до 2 метров, толщиной от 0,5 до 5 мм или в виде трубок и штанг.

Область применения целлулоида в технике значительно снижается в связи с его легкой воспламеняемостью.

Под влиянием прямых солнечных лучей целлулоид желтеет. Поэтому в производстве безосколочного стекла его заменяют поливинилбутиралем и другими более светостойкими массами.

Целлулоид обладает следующими физико-механическими свойствами:

удельный вес, в $г/см^3$: 1,35 — 1,4;
предел прочности при разрыве, в $кг/см^2$: 200—500;
удлинение при разрыве, в %: 25—50;
модуль упругости, в $кг/см^2$: $(0{,}15—0{,}30) \cdot 10^{15}$;
предел прочности при сжатии, в $кг/см^2$: 1200—2000;
предел прочности при изгибе, в $кг/см^2$: 400—800;

теплостойкость при продолжительном нагревании, в °С: 60;

действие солнечного света: окрашивается и становится хрупким.

Целлон — пластическая масса, изготовляемая тем же процессом, что и целлулоид, но на основе ацетилцеллюлозы. Последняя менее воспламеняема, чем нитроцеллюлоза. Поэтому целлон часто называют негорючим целлулоидом.

Применение целлона ограничивается его более высокой стоимостью.

Из ацетилцеллюлозных пластиков особенно рекомендуется изготовлять пленки для кинофильмов в целях устранения пожаров в кинотеатрах.

Физико-механические свойства целлона следующие:

удельный вес, в г/см$^3$: 1,27—1,37;

предел прочности при разрыве, в кг/см$^2$: 200—450;

удлинение при разрыве, в %: 20—50;

теплостойкость при продолжительном нагревании, в °С: 50—100;

объемное электрическое сопротивление, в ом·см: $10^{10}$—$10^{13}$;

горючесть: слабая;

действие солнечного света: незначительное.

Этилцеллюлозные пластики являются новым видом материалов, образуемых на основе эфиров целлюлозы. Пленки этих пластиков сохраняют гибкость при отрицательных температурах (до минус 40 ÷ 50°С).

На той же основе могут быть изготовлены лаки путем растворения этилцеллюлозы в смеси толуола и этилового спирта и специальные массы сплавлением с маслами и воском. При смешивании этилцеллюлозы с пластификаторами образуются различные пластические массы — твердые или мягкие каучукообразные.

Этилцеллюлозные пластики обладают высокими диэлектрическими свойствами. Технические детали из них получаются литьем под давлением или прессованием.

Свойства этилцеллюлозных пластиков следующие:

удельный вес, в г/см$^3$: 1,1 — 1,2;

предел прочности при разрыве, в кг/см$^2$: 140—500;

удлинение при растяжении, в %: 10—100;

предел прочности при изгибе, в кг/см$^2$: 200—800;

объемное электрическое сопротивление, в ом·см: $10^{12}$—$10^{14}$;

теплостойкость при продолжительном нагревании, в °С: 60—100;

горючесть: слабая.

Бензилцеллюлозный пластик образуется на основе бензилового эфира целлюлозы. Он изготовляется обычно в виде каучукообразной массы, используемой для изоляции и оболочек кабелей, а также для переработки. Диэлектрические свойства этого материала высокие; горючесть низкая.

Этролы (тролиты) — масса для прессования и литья под давлением, образуемая на основе эфиров целлюлозы. Обычно имеет вид порошка, содержащего наполнитель, пластификатор и краситель. В нитроцеллюлозном этроле, благодаря большому процентному содержанию минерального наполнителя (от 40 до 70%), устраняется горючесть композиции. Переработка ведется только путем прессования. Этролы на основе ацетил-, бензил- и этилцеллюлозы содержат меньшее количество наполнителя и применяются, главным образом, для литья под давлением.

Из этрола изготовляют различные детали для телефонии и других областей электрослаботочной промышленности.

Белковые пластики, к группе которых принадлежат галалит и альбумин, обладают невысокими механическими свойствами и отличаются значительным водопоглощением, что ограничивает их использование в технике. Они применяются, главным образом, для галантерейных изделий и пуговиц.

Галалит образуется на основе казеина, выделяемого из молока, а альбумин — на основе крови животных.

Такого рода пластики могут быть изготовлены на основе растительного белка, в частности соевого протеина и зеина, т. е. протеина злаков.

Асфальтопековые пластические массы, называемые также битумными, изготовляются на основе различных битумных материалов, как-то: нефтяного битума, каменноугольного пека, хвойного пека и др. В состав битумов вводят волокнистые наполнители, например хлопковые очесы и кизельгур. Все составные части сплавляются и перемешиваются между собой. Применяют также су-

спензионный метод производства, предложенный профессором Г. Д. Крейцером, заключающийся в перемешивании составных частей в виде водной суспензии, с последующей сушкой и вальцовкой массы.

Асфальтопековые массы перерабатывают путем прессования следующим образом: подогретая до 140—160° масса помещается в прессформу и прессуется при давлении 200—300 кг/см$^2$. Сначала прессформа нагревается, а затем охлаждается пропусканием воды по специальным каналам.

Изделия из асфальтопековых масс черного цвета, имеют сравнительно низкую теплостойкость, плохо полируются. Достоинством их является высокая коррозионная устойчивость и низкая стоимость.

Пластики служат, главным образом, для заготовления аккумуляторных баков. Из бумаги, обрабатываемой битумными пластиками, изготовляют трубы. Сплавлением битумных материалов с другими веществами получают специальные составы для заливки аккумуляторов, гальванических элементов, кабельных муфт, трансформаторов и т. д.

В состав компаундов входят нефтяные битумы различных марок и канифоль, а также иногда воск и парафин.

Физико-механические свойства изделий из асфальтопековых пластиков следующие:

удельный вес, в г/см$^3$: 1,4—2,2;

предел прочности при изгибе, в кг/см$^2$: 160—300;

предел прочности при растяжении, в кг/см$^2$: 100—140;

ударная вязкость, в кг·см/см$^2$: 1,5—2,5;

теплостойкость, в °С: 40—50;

водопоглощение за 24 часа: 0,1;

удельное электрическое объемное сопротивление, в ом·см: $10^{11}$—$10^{12}$;

средняя пробивная напряженность, в кв/мм: 6—9.

Сводные данные по физико-механическим свойствам и химической стойкости наиболее часто используемых масс приведены в табл. 9 и 10.

| Наименование показателей | Размерность | Наименова | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Фенопласты | | | | |
| | | прессованный карболит, типа К-18-2 | волокнит | асборезол типа К-6 | слоистые: текстолитовые | слоистые: древесные |
| Удельный вес . . . . | г/см³ | 1,3—1,4 | 1,3—1,4 | 1,4—2,0 | 1,34—1,4 | 1,2—1,4 |
| Предел прочности при: | | | | | | |
| изгибе . . . . . | кг/см² | 400—500 | 400—600 | 600—800 | 1400—1600 | 1300—2700 |
| растяжении . . . . | | 250—300 | 300—400 | 250—300 | 800—1000 | 1200—2800 |
| сжатии . . . . . | | 1300—1400 | 1000—1400 | 1000—1400 | 2600 | 1500 |
| Удельная ударная вязкость . . . . . | кг·см/см² | 4—6 | 6—10 | 16—28 | 20—40 | 40—80 |
| Водопоглощение за 24 часа . . . . . | % | 0,2—0,4 | 0,6—1,8 | 0,2—1,0 | 0,6—1,2 | до 4,0 |
| Теплостойкость . . . | °С | 100—110 | 100—110 | 200 | 120—140 | 140 |
| Объемное электрическое сопротивление . . . . . | ом·см | $10^9$—$10^{11}$ | $10^9$—$10^{10}$ | $10^9$ | $10^{10}$—$10^{12}$ | $10^8$ |
| Средняя пробивная напряженность (электрическая прочность) . . . . . | кв/мм | 10—12 | 5—10 | 3—4 | 4—8 | 2—6 |
| Тангенс угла потерь при 50 периодах . | tgδ | 0,4—0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,3 | 0,8 |
| Предельная эксплоатационная температура . . . . . | °С | 100—110 | 80—100 | 120—200 | 100 | 80 |

Таблица 9

ства пластических масс

ние пластических масс

| Аминопласты | | Полихлорвиниловый пластикат | Полиакрилат (органическое стекло) | Полистирол | Политетрафторэтилен (тефлон) | Целлулоид | Целлон | Асфальтопековые массы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| прессованные порошки | слоистые | | | | | | | |
| 1,4 | 1,4 | 1,34—1,4 | 1,20 | 1,06 | 2,2 | 1,3—1,4 | 1,3 | 1,8 |
| 400—600 | 1200 | — | 900—1000 | 600 | 150 | 600 | 500 | 200 |
| 300—400 | 800 | 160—600 | 500 | 400 | 200 | 400 | 400 | 120 |
| 1500 | 2000 | — | 700 | 1000 | — | 1600 | 1600 | — |
| 4—8 | 20 | — | 20 | 14—20 | — | 10 | 12 | 2 |
| 0,4—1,0 | 0,8—1,0 | 0,08 | 0,3 | 0,01 | 0,1 | 1,2 | 1,2—2,0 | 0,1 |
| 90—110 | 100 | — | 60 | 60—80 | 160—180 | 40—50 | 40—50 | 40—50 |
| $10^9$—$10^{12}$ | $10^{10}$—$10^{12}$ | $10^{14}$ | $10^{14}$ | $10^{17}$ | $10^{16}$ | $10^{11}$ | $10^{11}$ | $10^{11}$ |
| 10—12 | 4—8 | 20 | 20 | 20—28 | 20 | 7 | 20 | 7 |
| 0.04—0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,06 | 0,0001 | — | 0,03 | 0,02 | — |
| 70—90 | 80 | 60 | 60 | 60 | 160—200 | 40 | 40 | 50 |

| Наименование показателей | Размерность | Наименова | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Фенопласты | | | | |
| | | прессованный карболит типа К-18-2 | волокнит | асборезол типа К-6 | слоистые: текстолитовые | слоистые: древесные |
| Температура прессования . . . . . | °С | 150—170 | 140—160 | 170—190 | 150—160 | 150—160 |
| Необходимость охлаждения в прессформе после прессования . . . . . | — | нет | нет | нет | есть | есть |

Таблица 10

**Химическая стойкость пластических масс**

| Наименование химикалий | Наименование пластиков | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | фенопласт | аминопласт | поливинилловый | полистирол | целлон, ацетилцеллюлозный | целлулоид, нитроцеллюлозный |
| Азотная кислота, слабая . . . | С | С | С | С | С | С |
| Азотная кислота, концентрированная . . . . . | Нс | Нс | С | — | Нс | Нс |
| Алюминий хлористый . . . . | С | С | С | С | — | С |
| Амилацетат . . . . . | С | С | Нб | Нб | Нб | Р |
| Анилин . . . . . | С | С | — | — | — | — |
| Ацетон . . . . . | С | С | Нс | С | Нб | Р |
| Бензин . . . . . | С | С | С | Нс | С | С |
| Бензол . . . . . | С | С | Нб | Нб | Нб | Р |
| Бутилацетат . . . . . | С | С | Нб | Нб | Нб | Р |
| Жиры животные . . . . . | С | С | С | Нб | С | С |
| Молочная кислота . . . . . | С | С | С | — | — | — |
| Натр едкий, слабый раствор . | Сч | Сч | С | С | — | С |
| Натр едкий, концентрированный раствор . . . . . | Нс | Нс | С | С | Нс | Нс |
| Серная кислота, слабая . . . | С | — | С | С | — | С |

Продолжение табл. 9

ние пластических масс

| Аминопласты | | Полихлорвиниловый пластикат | Полиакрилат (органическое стекло) | Полистирол | Политетрафторэтилен (тефлон) | Целлулоид | Целлон | Асфальтопековые массы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| прессованные порошки | слоистые | | | | | | | |
| 130—155 | 135—145 | 140—170 | 140—170 | 130—170 | 260—300 | 100—120 | 130—170 | 100—140 |
| нет | есть | есть | есть | есть | нет | есть | есть | есть |

Продолжение табл. 10

| Наименование химикалий | Наименование пластиков | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | фенопласт | аминопласт | поливиниловый | полистирол | целлон, ацетилцеллюлозный | целлулоид, нитроцеллюлозный |
| Серная кислота, концентрированная | Сч | — | С | С | — | — |
| Смазочные масла | С | С | С | Нб | С | С |
| Сода (углекислый натрий) | С | Сч | С | С | С | С |
| Соли железа (сернокислые, хлорные) | С | С | С | — | — | С |
| Соляная кислота, слабая | С | Сч | С | С | — | С |
| Соляная кислота концентрированная | Сч | Нс | С | С | — | — |
| Таннин | С | — | С | — | — | С |
| Уксусная кислота, слабая | С | С | С | С | Н | С |
| Уксусная кислота, концентрированная | С | — | — | С | Р | Сч |
| Фенол | Сч | — | — | С | — | — |
| Фосфорная кислота | Сч | — | С | — | — | — |
| Этилацетат | С | С | Нб | Нб | Нб | Р |
| Этиловый (винный) спирт | С | С | С | С | Сч | Нб |
| Этиловый (серный) эфир | С | С | Нб | Нб | Нб | Р |

Условные обозначения:

С — стоек; Сч — стоек частично;
Нс — не стоек; Нб — набухает;
Р — растворяется.

*Глава II*

# ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

Пластики перерабатываются различными методами в зависимости от их химической природы и состава, а также требований, предъявляемых к изделиям.

Основные методы переработки следующие:

1) горячее прессование с последующим охлаждением или без такового;
2) прессли́тье;
3) штамповка;
4) прессдутье;
5) литье под давлением.

Характерным методом соединения листов из пластика между собой является сваривание их.

В качестве операции, заключающей процесс изготовления деталей, в ряде случаев применяется обработка на металлорежущих станках.

Другие методы переработки пластиков, как-то: 1) холодное прессование или формование; 2) выдавливание через мундштук и т. п., — используются лишь для специфических целей.

## 8. ПРЕССОВАНИЕ ПЛАСТИКОВ И ПРЕССЛИТЬЕ

Переработке прессованием подвергаются, главным образом, термореактивные пластики, в частности фенопласты и аминопласты.

Термопластичные материалы реже перерабатывают этим путем, так как после каждой операции горячего прессования необходимо охлаждать деталь в прессформе. Последняя операция требует довольно продолжительного времени.

Термопласты предпочитают перерабатывать литьем под давлением. Прессование пластиков производится в прессформах. Последние нагревают в целях придания пластичности прессуемой массе.

Для создания давления используются прессы соответствующей мощности.

Пластические массы, применяемые для прессования, имеют вид порошков (аминопластов и бакелитовых) или волокнистых материалов (волокнит, масса К-6, текстолитовая крошка и т. п.).

Порошки обладают объемом приблизительно в 2,5—3,0 раза, а волокнистые материалы — в 7—10 раз превышающим объем готовых изделий. Поэтому перед прессованием рекомендуется таблетировать на холоде прессовочный материал. Для этой цели применяют приводные эксцентриковые прессы обычного или карусельного типов.

Таблетки имеют объем, превышающий для пресспорошков в 1,5 раза, а для волокнистых прессовочных материалов в 3 раза объем изготовляемого изделия. В производственных условиях при невозможности таблетировать волокнистые материалы с помощью машины прибегают к использованию специальных таблеточных прессформ. Таблетки обычно изготовляются определенного веса, почему при загрузке ими прессформы не требуется предварительное взвешивание материала. В случае применения порошкообразных материалов или комбинаций из них и таблеток необходимо отвешивать прессовочный материал в количестве, требуемом для изделия.

Перед загрузкой материала в прессформу рекомендуется нагревать его.

Этот прием значительно ускоряет процесс прессования и улучшает качество полученных изделий. Действительно, горячий материал легко заполняет гнезда прессформы, не требуя дополнительного нагрева.

Предварительное нагревание материалов производится в термостатах или при помощи токов высокой частоты. На некоторых заводах прессовочные материалы нагревают за счет использования теплоты прессформы.

Для этой цели материал помещают в специальный пенал, который закладывают в зазор между прессформой и плитой пресса. Прессование пластиков производится при следующих режимах (табл. 11).

Таблица 11

**Режимы прессования пластиков**

| Материал | Температура прессования, в °С | Давление при прессовании, в кг/см² | Объем прессовочного материала, в см³/г |
|---|---|---|---|
| **Фенопласты** | | | |
| Прессовочные порошки (карболит, монолит) . . . . . | 150—170 | 100—350 | 2,2— 3,0 |
| Волокнит, текстолитовая крошка . . . . . | 140—160 | 175—500 | 2 5—12,0 |
| Асбестовые массы (К-6, К-ФЗ) | 170—190 | 150—500 | 2,0— 8,0 |
| **Аминопласты** | | | |
| Прессовочный порошок . . | 130—155 | 100—400 | 2,5— 3,0 |
| **Полимеризационные пластики** | | | |
| Органическое стекло . . . . | 140—170 | 140—400 | 2,0— 3,0 |
| Полистирол . . . . . | 130—170 | 70—250 | 2,5— 3,0 |
| Сополимер (хлорвинила и винилацетата) . . . . . | 110—135 | 100—250 | 2,0— 2,5 |
| **Эфиры целлюлозы** | | | |
| Целлулоид . . . . . | 100—120 | 20—100 | — |
| Ацетилцеллюлозный пластик | 130—170 | 35—300 | 2,0— 3,0 |
| Этилцеллюлозный пластик . | 160—180 | 70—300 | 2,2— 2,5 |

Термореактивные пластики выдерживают при указанных в табл. 11 температурах почти до полного перехода в неплавкое и нерастворимое состояние. Вынимать из прессформы плохо отвержденный пластик не рекомендуется, так как при этом может произойти деформация изделий. Длительность выдержки в прессформе зависит от толщины стенок изделий деталей; на каждый миллиметр толщины стенки требуется для отверждения от 0,5 до 1 минуты.

Предварительное нагревание термореактивных материалов значительно ускоряет процесс отверждения. При прессовании следует различать давление формования и давление отверждения.

Для формования необходимо полное давление, величина которого колеблется в зависимости от конфигурации и глубины „гнезда“ прессформы, т. е. полости, в которой оформляется изделие. Процесс отверждения требует обычно давления до 15 кг/см². Оно должно превышать на 2—3 атмосферы давление паров воды и газов, которые при этом выделяются. Как следствие изложенного, в некоторых случаях применяют так называемые „самозапирающи-

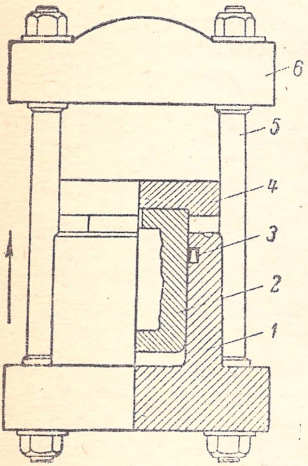


Рис. 3. Пресс с нижним давлением:
*1* — станина с цилиндром; *2* — плунжер; *3* — уплотнение; *4* — плита; *5* — колонна; *6* — траверза.

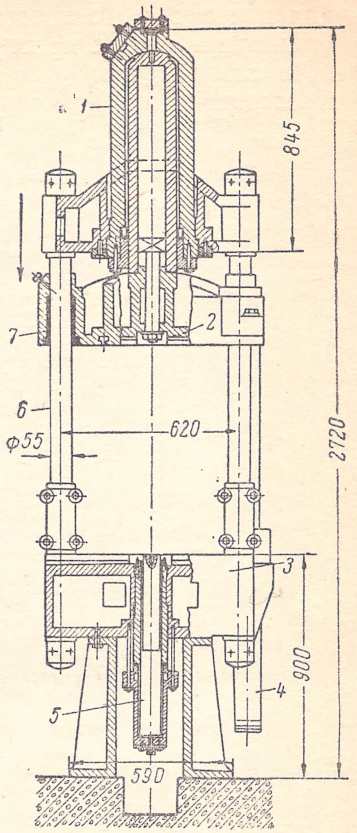


Рис. 4. Пресс с верхним давлением:
*1* — рабочий цилиндр; *2* — подвижная плита; *3* — неподвижная плита; *4* — цилиндр системы для подъема плиты *2*; *5* — выталкивающий плунжер; *6* — колонна; *7* — направляющие втулки.

еся“ прессформы, которые после формования извлекают из пресса, чтобы вести процесс отверждения в специаль-

ных термостатах. Прессформа открывается только после отверждения изделия. Однако в подавляющем большинстве случаев предпочитают производить отверждение, не снимая прессформы с пресса.

Большие тяжелые прессформы закрепляются на плитах прессов стационарно.

Прессование при помощи съемных прессформ произво-

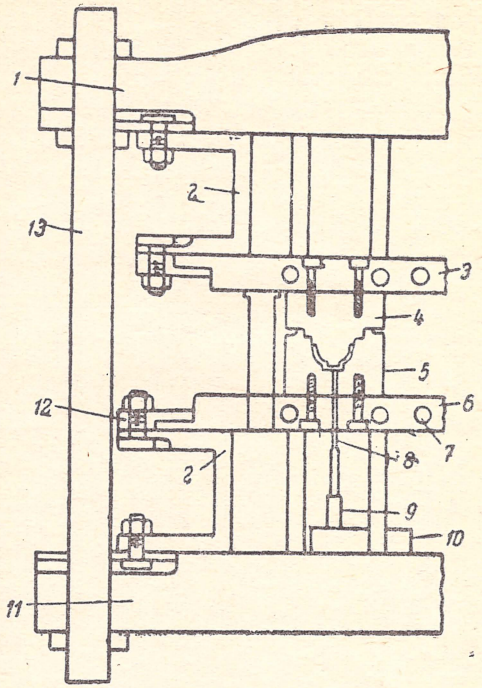


Рис. 5. Расположение прессформы на прессе.

дится на гидравлических прессах с нижним давлением (рис. 3). Пресс состоит из станины с цилиндром *1* и плунжера *2*, несущего плиту *4*, на которую устанавливается прессформа. Для предохранения жидкости, подаваемой насосом, от вытекания из цилиндра в неплотности между стенками последнего и плунжером в верхней части цилиндра устанавливается уплотнение *3*.

Для прессования в стационарных прессформах применяют более совершенные прессы с верхним давлением.

Один из типов таких прессов, выпускаемых отечественной промышленностью, приведен на рис. 4. В верхней части пресса расположен рабочий цилиндр *1*. К его плунжеру прикреплена подвижная плита *2*, направляемая цилиндрическими колоннами *6*. Прессформа крепится на неподвижной плите *3*. Выталкивание изделия из прессформы после прессования производится плунжером *5*. Подъем плиты *2* осуществляется плунжерами, перемещающимися в цилиндрах *4*.

Более детально расположение прессформы показано на рис. 5. К плите *1*, перемещающейся по направляющим *13*, при помощи скоб *2* крепится плита обогрева *3*, в которой просверлены каналы для пара, и пуансон *4*. Корпус прессформы крепится к неподвижной плите *11* также при помощи скоб *2* и накладок *12*. Прессформа *5* установлена на плите обогрева *6*, снабженной паровыми каналами *7*. В матрице прессформы двигается шпиндель *8* выталкивателя *9*, закрепленного на плите *10*, связанной с выталкивающим плунжером пресса.

Паром обогреваются прессформы в случае прессования термопластов или слоистых фенопластов. Иногда для этого каналы сверлятся и в корпусе прессформы. Обогревание прессформ, перерабатывающих порошки типа карболит и им подобные, производится при помощи электричества. Элементы сопротивления закладываются в каналы плит обогрева или в специальные каналы корпуса прессформы.

Гидравлические прессы с верхним давлением приводятся в движение от гидравлической сети через распределители, при помощи которых жидкость, находящаяся под давлением, направляется в тот или другой цилиндр пресса.

Обычно на заводах имеются две гидравлические сети: 1) низкого давления для предварительного заполнения цилиндров пресса и 2) высокого давления для создания рабочего давления в соответствии с заданным режимом. Давление в сети создается при помощи насосов. Для регулирования давления в сеть включаются гидравлические аккумуляторы. Они скапливают жидкость, находящуюся под давлением, в момент „пауз“ прессования и отдают ее обратно в сеть в период интенсивной работы прессов.

Схема простейшего „шпиндельного“ распределителя показана на рис. 6. Распределитель *5* состоит из двух

клапанных коробок, в которых находятся шпинделя. При вращении шпинделя вручную, он опускается на седло или поднимается, соединяя определенный цилиндр пресса с сетями давления или со сборником отработанной жидкости.

Существуют также клапанные распределители (рис. 7), устанавливаемые в определенное положение поворотом

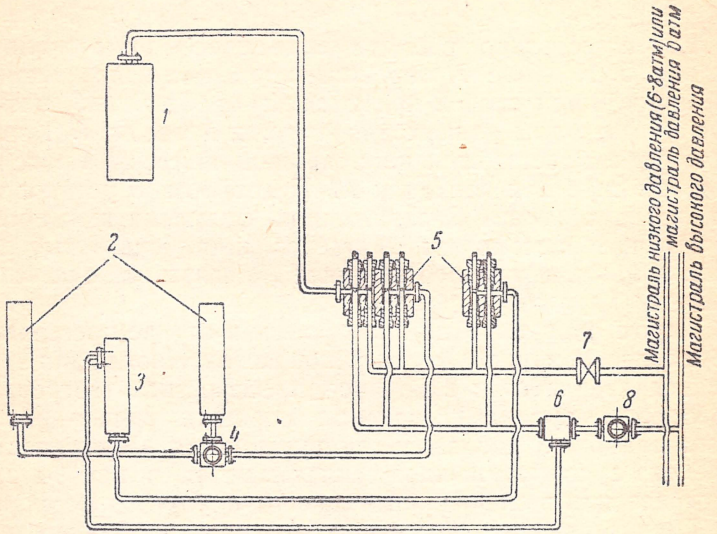


Рис. 6. Схема управления прессом с помощью шпиндельного распределителя:

*1* — рабочий цилиндр; *2* — цилиндры системы подъема; *3* — цилиндр выталкивающего плунжера; *4* — клапан; *5* — шестишпиндельный распределитель; *6* — тройник высокого давления; *7* — запорный кран низкого давления; *8* — запорный кран высокого давления.

маховичка *1*. Вал последнего *2* через кривошипы *3* и тяги *4* связан с клапанами. В прессах автоматического действия вал распределителя вращается от привода двигателя, работая по заданному режиму.

Работа прессов с нижним давлением осуществляется при помощи более простых распределителей, так как эти прессы в большинстве случаев имеют только один цилиндр.

В мелких производствах и в лабораториях используют

гидравлические прессы с индивидуальными насосами. Применяются также механические прессы.

Изделия по освобождении из прессформ передаются в отделочные цехи для удаления заусенец, сверления отверстий, а также шлифования и полирования на шайбах, собранных из ткани.

Устройство прессформ имеет весьма важное значение для успешного протекания процесса. Прессформы в подавляющем большинстве случаев изготовляются из стали, соответственно механически и термически обработанной. Допуски на размеры рабочих частей прессформы задаются

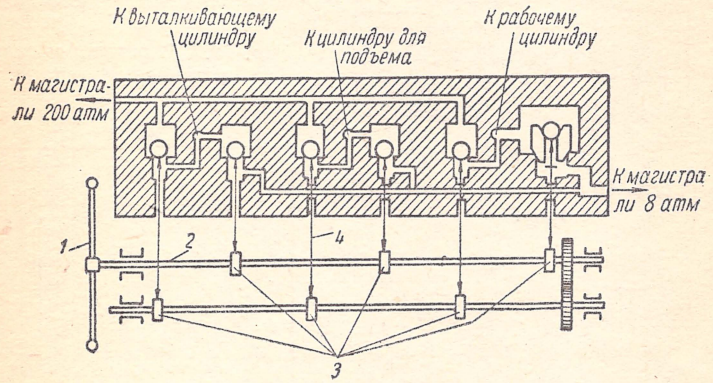


Рис. 7. Клапанный распределитель.

по 2—3 классу точности. Стоимость прессформы средних сложности и размеров достигает нескольких тысяч рублей. Однако с помощью одной прессформы прессуются десятки тысяч изделий, поэтому амортизация прессформы на одно изделие составляет незначительную сумму.

Срок службы прессформы во многом зависит от правильного выбора ее материала и конструкции. Как следствие, на конструкцию прессформы и на ее изготовление должно быть обращено значительное внимание.

Прессформы делятся на следующие типы:

1) открытый,
2) закрытый и
3) полузакрытый.

Прессформа первого типа состоит из двух основных частей (рис. 8), а именно: верхней — пуансона *1* и нижней — матрицы *2*.

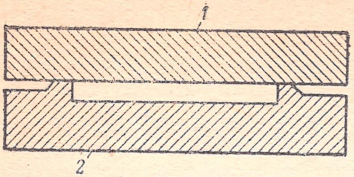


Рис. 8. Прессформа открытого типа.

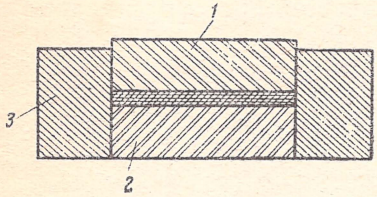


Рис. 9. Прессформа закрытого типа.

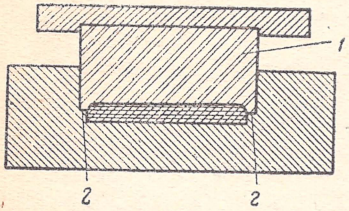


Рис. 10. Вариант прессформы закрытого типа.

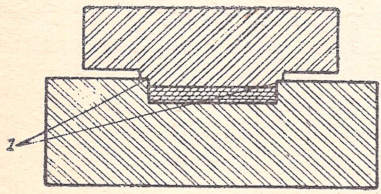


Рис. 11. Прессформа полузакрытого типа.

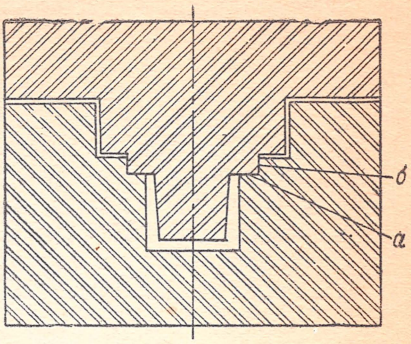


Рис. 12. Вариант прессформы полузакрытого типа.

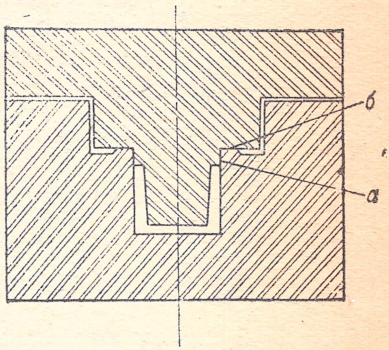


Рис. 13. Вариант прессформы полузакрытого типа.

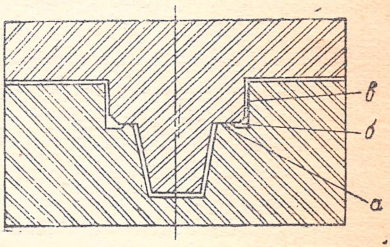


Рис. 14. Вариант прессформы полузакрытого типа.

При прессовании избыток пластика выдавливается в зазор между ними. В местах соприкосновения частей прессформы образуются тонкие заусенцы, так называемые „облой“ или „грат“. Поэтому необходимо иметь избыток материала, чтобы компенсировать потери при выдавливании.

Прессформы рассматриваемого, наиболее простого и дешевого, типа применяются лишь для прессования плоских изделий, например граммофонных пластинок, рамок, крышек и т. п.

Прессформы второго типа представляют собою сочетание трех частей (рис. 9): пуансона *1* и матрицы *2*, находящихся в обойме *3*. Прессовочный материал засыпается в прессформу при удаленном пуансоне; затем пуансон входит в обойму, действуя как поршень. При этом материал сжимается между матрицей и пуансоном, но не выдавливается наружу, так как мешает обойма. Очевидно материал необходимо точно дозировать во избежание получения толстостенных изделий.

В прессформах этого типа можно прессовать изделия любого профиля и габарита. Недостатками являются сложность конструкции прессформы, значительный износ пуансона при трении о стенки обоймы и неравномерность толщины изделий, зависящая от колебаний в весе прессуемого материала. В варианте прессформ закрытого типа (рис. 10) пуансон *1* в конечном положении опирается на заплечики *2*, оформляющие изделие по габариту.

Оба варианта второго типа прессформ называются также „прессформами с нагнетанием“.

В прессформах третьего типа [1] (рис. 11) пуансон в конечном положении также опирается на заплечики *1*. Особенностью являются каналы, по которым выдавливается избыток прессовочного материала.

Прессформы последнего типа наиболее часто применяются при переработке пластических масс, поэтому рассмотрим их подробнее. Прессформа, схема которой приведена на рис. 12, имеет горизонтальную площадку *а*, переходящую в вертикальный обвод *б*. Он соединяется с каналами, служащими для выдавливания избытка материала. В другой схеме (рис. 13) заусенцы образуются по вертикальной стенке *а* матрицы, которая затем переходит

[1] Называемых также „прессформы с перетеканием“.

в горизонтальную отжимную кромку *б* с каналами для выдавливания избытка прессованного материала. Наиболее часто применяемая на производстве прессформа (рис. 14) снабжена горизонтальной отжимной кромкой *а*, каналом

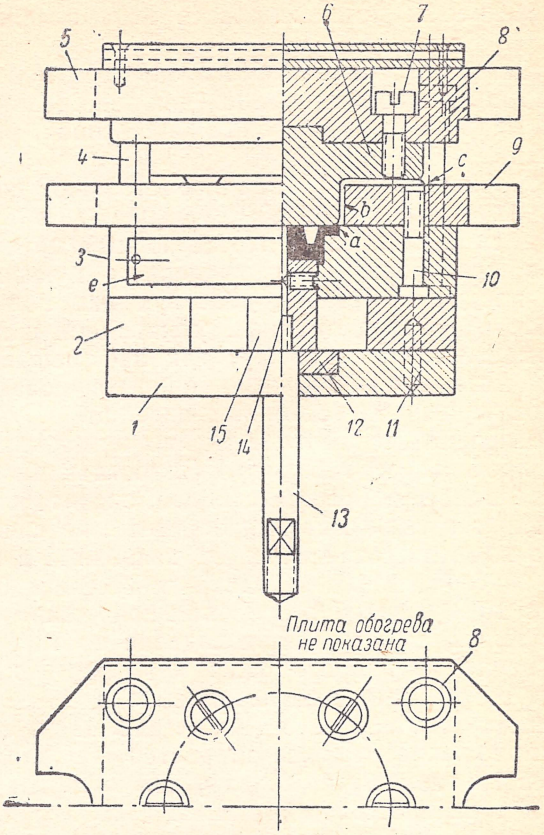


Рис. 15. Стационарная прессформа полузакрытого типа.

для избытка прессовочного материала *б* и направлением пуансона по вертикальным стенкам *в* с лысками для удаления выдавленного пластика.

Рассмотрим чертеж прессформы полузакрытого типа (рис. 15). На подкладках *2*, установленных на нижней плите *1*, покоится матрица *3*. Она соединена с плитой *9*, имеющей бортик *с* с канавками для выдавливания излишка

материала. На бортик *с* опирается пуансон *6*, соединенный с верхней плитой *5*. Пуансон имеет лыски *b* и опорную поверхность *а* с канавками для выхода массы. Плиты *5* и *9* имеют выемки, служащие для крепления пуансона и матрицы к плитам пресса. Точное направление движения пуансона осуществляется при помощи колонок, запрессованных в матрицу *3* и входящих во втулки *8* верхней плиты *5*. Нижняя поверхность отпрессованного изделия лежит на выталкивателе *15*, имеющем в центре знак *14*, оформляющий отверстие изделия. Нижняя часть выталкивателя *15* связана со шпинделем *13*. Последний соединяется с выталкивающим плунжером гидравлического пресса. Подкладки *2* служат для облегчения очистки пространства под выталкивателем от заусенцев. Обогрев прессформы производится электрическим током, пропускаемым по спиралям из нихрома или фехраля, помещенным в каналы матрицы и пуансона и закрытым крышками *е*.

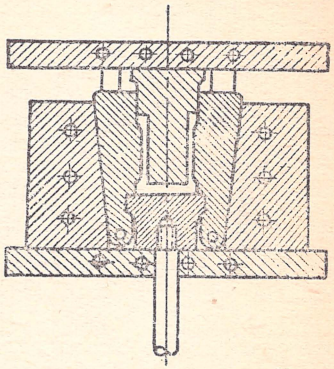

Рис. 16. Прессформа с разъемной матрицей.

В случае, когда изделие имеет „поднутрения", для извлечения его из матрицы необходимо изготовлять последнюю разъемной. Примером может служить прессформа аккумуляторного бака (рис. 16). Матрица ее разнимается по вертикальной плоскости и обеспечивает тем самым легкое вынимание изделия.

Как указывалось, прессформы бывают съемные и стационарные. Вынимание из съемной прессформы готового изделия (рис. 8—11) производится на верстаке при помощи ручного винтового пресса.

Прессформа, показанная на рис. 15, принадлежит к числу стационарных. Съемные прессформы применяются, главным образом, в мелких производствах. Стационарные прессформы используются в более крупных производствах. Разрез стационарной прессформы приведен на рис. 17.

По количеству одновременно прессуемых изделий прессформы разделяются на одногнездные и многогнезд-

ные. Гнездность прессформ устанавливают в зависимости от количества изделий одного наименования и от их

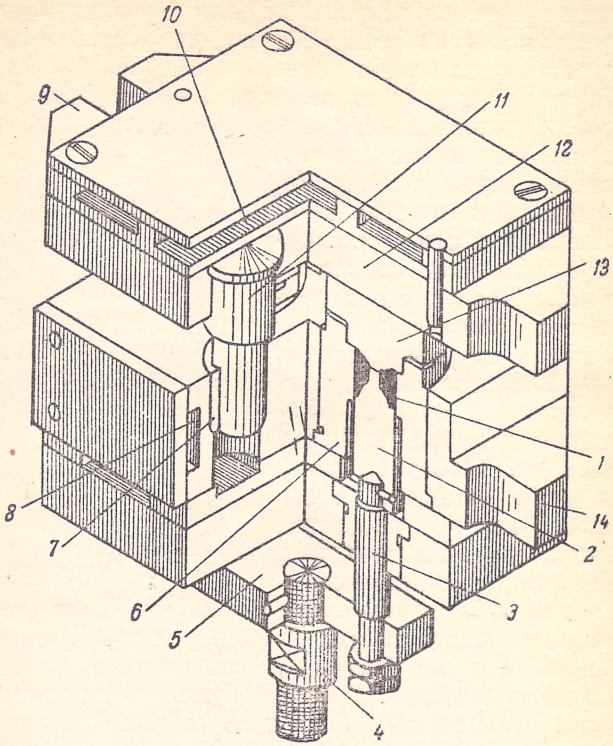


Рис. 17. Разрез стационарной прессформы:
*1* — изделие; *2* — деталь выталкивателя; *3* — шпиндель; *4* — винт для соединения с выталкивающим плунжером; *5* — плита; *6* — матрица; *7* — направляющая втулка; *8* — каналы для элементов обогрева; *9* — вырез для крепежного болта; *10* — каналы для элементов обогрева; *11* — цилиндрическая направляющая стойка; *12* — плита для крепления пуансона; *13* — пуансон; *14* — вырез для крепежного болта.

габарита. При большом количестве изделий малых размеров применяют многогнездные прессформы. Прессование пуговиц, например, производится на шестидесяти-и восьмидесятигнездных прессформах. Для таких деталей, как

пропеллеры самолетов, корпусы радиоприемников и т. п., естественно, используют одногнездные прессформы.

Охлаждение изделий, отпрессованных из термопластов (полихлорвиниловые композиции, акрилаты, этролы, целлулоид и т. п.) или из слоистых фенопластов (текстолит, бумолит и т. д.), производится в прессформах под давлением. Для этой цели по паровым каналам пропускают холодную воду. Охлаждение электрообогреваемых прессформ требует наличия отдельных каналов для холодной воды. Поэтому прессформы с электрообогреванием применяют для материалов, не требующих охлаждения после прессования, то есть для фенольных прессовочных порошков (карболитовых и др.), а также для аминопластов.

При переработке целлулоида и некоторых термопластов в прессформах открытого типа последние выполняются из бронзы. Для изготовления стальных прессформ применяется малоуглеродистая, машиноделочная и инструментальная сталь. Рабочие части прессформы, как-то: пуансон, матрица и знаки, образующие отверстия в изделии и несущие металлическую арматуру, подвергаются закалке. Другие части прессформы оставляют сырыми. Направляющие колонки из конструкционной стали цементируются. Втулки, в которые входят направляющие колонки, не подвергают закалке или же калят на меньшую твердость. Это позволяет при ремонте прессформы менять только втулки.

Площадь соприкосновения выталкивателя с поверхностью изделия зависит от размеров и толщины стенок последнего. Иногда эта площадь определяется требованием чистоты нижней поверхности изделия. Выталкиватель занимает всю площадь дна изделия, чтобы не оставалось следов шпилек. В случае выталкивания отдельными шпильками, на торцах последних, соприкасающихся с изделием, наносят гравировку с указанием марки завода производителя или какие-либо рисунки. Тем самым маскируются следы торцов шпилек.

При выталкивании изделия из матрицы приходится преодолевать сопротивления: 1) вакуума, который образуется в результате движения плотно сидящего изделия; 2) прилипания изделия к прессформе; чем более отполирована поверхность гнезда, тем прилипание меньше;[1]

[1] Наименьшей величины оно достигает при хромированных гнездах.

3) заусенцев, которые иногда необходимо разрушить. Толщина выталкивателя должна быть достаточной для преодоления всех указанных сопротивлений.

Твердость поверхности втулки должна быть меньше твердости шпинделя выталкивателя по соображениям, изложенным выше. Для образования резьбы в изделии пользуются специальными шпильками, называемыми резьбовыми знаками. Последние размещаются в прессформе различным образом, в зависимости от назначения. Если резьба выполняется внутри корпуса изделия, оформляемого пуансоном, то резьбовые знаки крепятся на последнем. При снятии изделия с пуансона, вместе с изделием должны выходить и резьбовые знаки. Они вывинчиваются из изделия на верстаке. В прессформе знаки крепятся своими разрезными хвостовыми частями, удерживаемыми в теле пуансона трением или заточкой, в которую входит защелка на пружине. Если изделие по процессу прессования остается на пуансоне, последний снабжается специальными выталкивателями. Когда резьбу необходимо отпрессовать в нижней части изделия, хвостовые части знаков входят в отверстия, высверленные в теле матрицы.

При необходимости получения резьбы в стенках изделия резьбовой знак делают вывертывающимся. В противном случае он мешал бы выталкиванию изделия из гнезда прессформы. Для получения резьбы на внешней поверхности изделия применяют резьбовые кольца (лерки) или разъемные матрицы, на внутренних стенках которых нарезается резьба. Следует рекомендовать использование резьбовых колец, а не разъемных матриц, так как при малейшей неточности в совмещении двух половинок матрицы нитки резьбы не будут совпадать. Кроме того, между половинками матрицы будет затекать прессовочный материал, вследствие чего потребуется дополнительная очистка резьбы на изделии. При проектировании и изготовлении резьбовых знаков следует учитывать усадку резьбы.

Когда обе детали, т. е. гайка и болт, изготовляются из пластика, на резьбовом знаке при проставлении размеров предусматриваются увеличенные допуски. Они лежат в пределах 0,15—0,5 мм в зависимости от диаметра и глубины прессуемой детали. Диаметр резьбового кольца соответствует номиналу. Допуски по длине обычно не предусматриваются.

Для прессовочных порошков фенопластов усадка со-

ставляет 0,8—1,0% от линейных размеров изделия. Как следствие, при изготовлении точных изделий необходимо соответственно увеличивать размеры прессформы или же выбирать прессовочный материал, обладающий меньшей усадкой.

Прессовочные материалы типа К-6 обладают усадкой около 0,4—0,6%. Поэтому их выбирают в случаях, когда необходима минимальная усадка. Термопласты, охлаждаемые под давлением в прессформе, имеют меньшую усадку, чем термореактивные пластики.

Сочетание пластических масс с металлом производится в ряде случаев. В пластические массы запрессовывают металлическую арматуру.

Это необходимо для:

1) ввертывания в металлическую арматуру (втулки) различных металлических винтов и болтов;

2) подвода электрического тока к соответствующим контактам и

3) придания большей механической прочности деталям.

Металлические гайки и втулки удерживаются от выпадания и проворачивания в пластической массе крестообразной накаткой или поясками.

Для того чтобы втулки не сдвинулись при прессовании, они насаживаются в прессформе на гладкие или нарезанные резьбой знаки. В последнем случае при выталкивании изделия знак выходит вместе со втулкой и вывинчивается из нее на верстаке.

Обычно нельзя избежать попадания прессуемой массы в последние 2—3 витка нарезки. Если это недопустимо, то рекомендуется применять глухие гайки и втулки.

При запрессовке металлической арматуры следует опасаться растрескивания или деформации пластической массы вблизи арматуры. Это особенно имеет место в том случае, когда арматуру облегает тонкий слой пластической массы. Из-за большой усадки пластической массы в ней могут появиться трещины. При очень близком расположении металлических втулок к краю изделия на последнем образуются выпуклости.

Стремление усилить детали из пластических масс запрессовкой в них металлической арматуры не всегда рационально.

Арматура и пластическая масса при нагрузках работают раздельно, вследствие чего желаемый эффект большей

частью не достигается. При больших нагрузках на пластическую массу рекомендуется выбирать более прочный тип последней (например, вместо прессовочного порошка использовать волокнит), а не усилять изделия арматурой.

В некоторых деталях основную нагрузку воспринимает металлическая арматура, а пластическая масса играет роль декоративной или тепло-электроизолирующей обли-

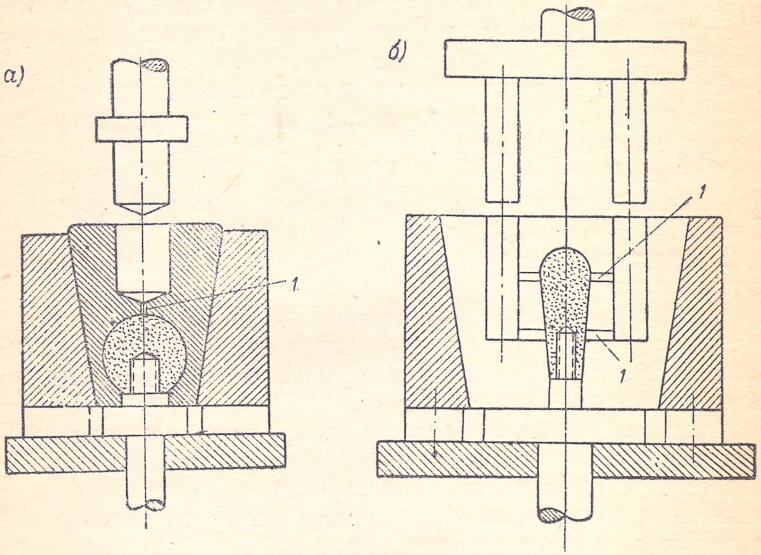


Рис. 18. Формы для пресслитья:
*а*) с вертикальным литником; *б*) с горизонтальным литником.
*1* — литник.

цовки. Вследствие неодинаковых коэффициентов теплового расширения пластической массы и металла, первая может растрескиваться, особенно при отрицательных температурах. Такое явление наблюдалось, например, у отдельных типов автомобильных штурвалов, сконструированных из металлической арматуры, облицованной нитроцеллюлозным этролом.

Неудачное расположение металлической арматуры может служить причиной коробления и деформации деталей из пластических масс. Это объясняется тем, что арматура мешает нормальной усадке пластика. При конструировании деталей с металлической арматурой необ-

ходимо учитывать условия сочетания металла и пластической массы.

Прессли́тье термореактивных пластиков применяют, если необходимо:

1) изготовить изделия точных размеров,

2) запрессовать в изделие арматуру, которая деформируется при обычном прессовании.

При выполнении прессли́тья пластик выдавливается в горячем пластичном состоянии через узкое сопло и литник в гнездо прессформы (рис. 18). Так как материал, заполняющий гнездо, весьма пластичен, то он не вызывает деформации арматуры. Благодаря этому удается изготовлять такие детали, как катушки сопротивления с запрессованными в пластик проводниками, детали с впрессованной изоляцией между тонкими коллекторными кольцами и т. д. Прочность готовых изделий получается несколько выше, чем при обычном прессовании, так как отверждение пластика происходит равномерно по всей толщине.

Прессли́тье производится при давлении 500—1500 кг/см². В настоящее время прессли́тьем изготовляются изделия весом от 0,1 г до 2 кг. Площадь загрузочной камеры для подачи материала под давлением должна быть по крайней мере на 15—20% больше площади гнезда. Этим предупреждается преждевременное открывание прессформы.

## 9. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЛОИСТЫХ ПЛАСТИКОВ

Как было указано, слоистые пластики получаются путем пропитки ткани, бумаги или древесного шпона искусственными смолами. Наиболее часто применяют фенолальдегидные смолы; для декоративных материалов используются карбамидные смолы. Текстолит и бумолит изготовляют в шахтных пропиточных машинах (рис. 19). Открытая снизу шахта *1*, высотой 10—16 метров, снабжена перегородками *2* и калориферами *3*. Ткань или бумага сматывается с рулона *7* и по направляющим роликам *8*, *10* проводится через ванну *9*, наполненную раствором искусственной смолы. Затем материал поднимается в сушило и по направляющим роликам *4*, *5* наматывается на барабан *6*. Обычно пропиточные машины делают двухсторонними, т. е. при одной шахте устанавливают рядом две ванны.

Древесный шпон пропитывают в пачках погружением последних в ванну с раствором смолы.

Слоистые пластики прессуют, главным образом, в виде прямоугольных плит и досок, из которых затем механическим путем вырезают различные детали.

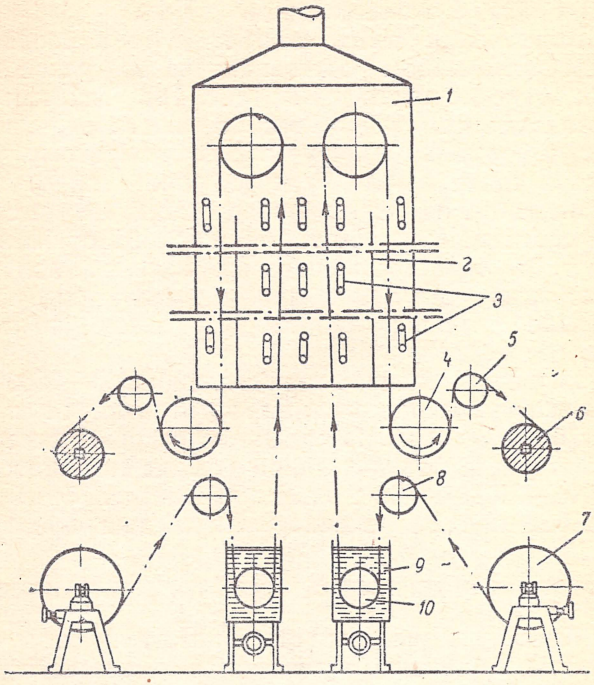


Рис. 19. Схема пропиточной машины:
*1* — шахта; *2* — перегородка; *3* — калориферы; *4* — направляющий ролик; *5* — направляющий ролик; *6* — барабан; *7* — рулон; *8* — направляющий ролик; *9* — ванна; *10* — направляющий ролик.

Прессование профильных деталей затруднено вследствие малой текучести материала. Это заставляет сначала вырезать из слоистого материала „выкройки", а затем собирать их и прессовать. Таким образом, например, изготовляют бесшумные шестерни для двигателя автомобиля: сначала вырубленные из текстолитового полотна заготовки собирают в виде болванки, после чего прессуют

в прессформе. В том случае, когда желают получить глубокое профильное изделие повышенной прочности, его прессуют из волокнита или текстолитовой крошки.

Прессование слоистых плит производится на многоэтажных прессах (рис. 20).

На промежуточные плиты *6* укладываются собранные пакеты слоистого пластика; затем производится прессование с постепенным подъемом давления. Температура прессования 160 ± 5°С. Удельное давление составляет 75—200 кг/см².

Свойства слоистых пластиков неоднородны в различных направлениях, что объясняется особенностями наполнителей. Так, например, бумага, которая применяется при производстве гетинакса, обладает большей прочностью вдоль листа, чем поперек его. Это свойство особо резко выражено у древесных пластиков.

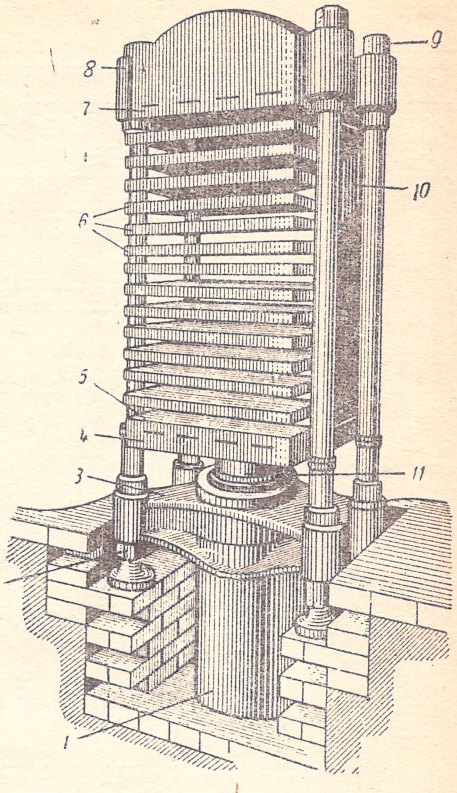


Рис. 20. Гидравлический многоэтажный пресс:
*1* — цилиндр; *2* — гайка; *3* — основание; *4* — стол; *5* — нижняя плита; *6* — промежуточные плиты; *7* — верхняя плита; *8* — головка; *9* — гайка; *10* — лиры; *11* — плунжер.

Лист древесного шпона имеет значительно более низкую прочность в направлении перпендикулярном волокну, так как при этом сопротивляются не волокна, а только их соединительная ткань.

В целях получения пластика, обладающего одинаковой прочностью во всех направлениях, применяют перекре-

стное укладывание пропитанных смолой листов. Специальные сорта слоистых древесных пластиков обладают повышенной прочностью только в одном определенном направлении (табл. 12).

Таблица 12

**Конструкция плит древесных слоистых пластиков и их назначение**

| Марка пластика. | Направление волокон древесины | Назначение плит |
|---|---|---|
| ДСП-А | Параллельное во всех слоях | Вкладыши подшипников и других узлов трения, дейдвудные втулки, штампы, электроизоляционные детали, шары для шаровых мельниц и т. п. |
| ДСП-В (дельта-древесина) | Через 10 продольных слоев 1 слой поперечный | |
| ДСП-С (лигнофоль) | Перекрестное во всех слоях | |
| ДСП-Д | Под углом 30—60° со смещением на этот угол в каждом последующем слое шпона | Зубчатые колеса, фрикционные диски, блоки и т. п. |

Время выдержки в прессе под давлением и при нагревании равняется 3—5 мин. на каждый миллиметр толщины прессуемой плиты. Время выдержки может быть подсчитано по эмпирической формуле, применяемой, главным образом, при прессовании гетинакса:

$$t = t^{\circ} + 2\ m,$$

где:

$t$ — время, необходимое для прессования, в мин.,

$t^{\circ}$ — время, необходимое для достижения температуры прессования, в мин.,

$m$ — толщина плиты, в мм.

Охлаждение прессуемых досок производится под давлением в том же прессе. Распрессовка в горячем состоянии может вызвать появление пузырей и щелей в доске, вследствие расширения паров летучих веществ и воды, содержащихся в прессуемых материалах.

Высокочастотный нагрев пластических масс значительно ускоряет процесс прессования и отверждения. Этот метод основан на принципе конденсатора, в котором

проводниками являются металлические электроды, а пластическая масса является диэлектриком. Если к электродам подвести ток высокой частоты, то быстрая смена полярности электродов вызывает колебание молекул диэлектрика. Чем выше частота, тем быстрее происходит колебание молекул и тем, следовательно, быстрее происходит нагрев.

Количество выделяющегося тепла пропорционально частоте электрического тока, пропорционально квадрату напряжения и коэффициенту электрических потерь, которыми определяется скорость нагрева диэлектрика.

Так как коэффициент потерь мало изменяется при повышении частоты, а применение высоких напряжений затруднительно, то увеличение количества выделяющегося тепла пропорционально частоте тока. Последняя практически выбирается равной 2—10 мегагерц.

Преимуществами высокочастотного нагрева являются:

1) быстрый и равномерный нагрев всей массы материала;

2) возможность избирательного нагрева смеси различных компонентов.

К недостаткам этого метода относятся:

1) низкий коэффициент полезного действия (около 50%);

2) необходимость тщательных наблюдений и регулирования процесса нагрева.

Для равномерного нагревания таблетированного материала необходимо постоянство толщины, влагосодержания и плотности таблеток (плотная таблетка прогревается быстрее, чем рыхлая). Электроды не должны охлаждать поверхность таблеток. Вместо сплошных электродов для этого применима металлическая сетка, обрамленная в медную трубку.

Нагревать можно не только таблетки, но и нетаблетированный материал. Слоистые материалы прогревают в процессе прессования; электродами служат плиты пресса. Применение высокочастотного нагрева слоистых пластиков в несколько раз снижает время их прессования. Для гетинакса и текстолита большей частью используется частота тока 2—5 мегагерц. Увеличение рабочей частоты сверх 5 мегагерц при прессовании слоистых досок 1000×2000 мм приводит к неравномерному распределению напряжений вдоль электродов, а следовательно, к их неравномерному нагреву.

Прессованные материалы, в виде порошка или табле-

ток, прогреваются при помощи токов высокой частоты в генераторах, снабженных выдвижными камерами, в которые закладывается подлежащий нагреванию материал. После нагревания по установленному режиму материал немедленно переносится в прессформу и прессуется.

## 10. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИСТОВЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ

Термопласты часто выпускаются как полуфабрикат листами различного размера, толщиной от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Такой вид приобретает целлулоид, представляющий собой по разнообразной окраске, эластичности и возможности легко формоваться отличный материал для изготовления разнообразных тонкостенных изделий. Единственным и весьма серьезным недостатком целлулоида является огнеопасность. Поэтому в последнее время целлулоид частично заменяют целлоном, пластифицированными виниловыми смолами и другими пластиками.

Штамповка используется для изготовления из целлулоида и аналогичных ему материалов мыльниц, пеналов, различных коробочек, половинок мячей и т. п. Эта операция производится в бронзовых или стальных формах.

Удельное давление при штамповании незначительно. Поэтому обычно применяют винтовые или эксцентриковые прессы.

Предварительно целлулоидные листы разрезают на четырехугольные или круглые заготовки. Последние размягчают на горячих плитах. После того когда целлулоид достаточно размягчился, его закладывают в форму и подвергают штампованию. При этом под действием пуансона размягченный целлулоидный лист легко вытягивается и принимает желаемую форму. Получение штамповкой изделий с острыми углами затруднительно, поэтому штампованным целлулоидным изделиям всегда стараются придать конусность и округленные грани.

Можно одновременно штамповать несколько сложенных вместе целлулоидных заготовок. Чтобы последние не слипались между собой, их перед укладкой в форму посыпают тальком.

При изготовлении очень глубоких коробок штампование производят на специальных прессах, нижняя часть которых и матрицы погружены в горячую воду. Вытяги-

вание материала в этом случае происходит медленнее. Это предохраняет от появления трещин.

Штамповкой изготовляют также плоские изделия, например гребни. Обработка гребней резанием обходится дороже, но дает более качественную продукцию. Для штампования гребней применяют прессформу открытого типа, снабженную каналами для нагревания и охлаждения.

Штамповка в горячей форме продолжается около сорока секунд, после чего прессформа охлаждается под давлением. Полученные гребни требуют дополнительной зачистки и полировки, так как между их зубцами образуются пленки.

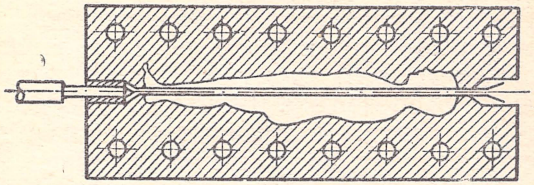

Рис. 21. Прессформа для прессдутья.

Прессдутье используется для получения полых изделий и, в частности, целлулоидных игрушек. Для такого рода изделий применяют бронзовые прессформы открытого типа. Форма снабжается каналами для подвода воздуха или пара для дутья.

Иногда в самых глубоких частях гнезда, в целях облегчения выхода воздуха из него, сверлятся тонкие отверстия.

Сущность рассматриваемого метода такова: между половинками прессформы закладывают два целлулоидных листа, закрывают форму и нагревают ее до температуры выше 100°. Затем к каналу для дутья присоединяется шланг, через один или несколько наконечников которого вдувают водяной пар или воздух. Последние, попадая между листами термопласта, отжимают эти листы к верхней и нижней частям гнезда формы. Под влиянием высокой температуры оба листа термопласта прочно свариваются между собой. После этого прессформу охлаждают и вынимают готовое изделие (рис. 21).

На одном из отечественных заводов процесс прессдутья

происходит следующим образом: нарезанные листы целлулоида сначала размягчают в горячей воде, после чего закладывают в прессформу. По каналам ее пропускается пар давлением 3—4 атмосферы для обогревания. Как только листы целлулоида размягчились, между ними вставляется паровое сопло и по шлангу подается пар, имеющий то же давление. Пар отжимает листы целлулоида к стенкам прессформы. Когда изделие отформовано, каналы прессформы охлаждаются водой, а внутрь изделий, вместо пара, по тому же шлангу пускается сжатый воздух.

Давление в начале процесса должно лишь обеспечивать герметичность частей прессформы. После первого цикла дутья оно доводится до нормального.

Охлажденные в прессформе изделия вынимаются из нее, освобождаются от избытков материала и поступают на дальнейшую обработку. Весь этот процесс осуществляется в 3—5 минут. Дальнейшая обработка целлулоидных изделий состоит из удаления заусенцев и окраски изделий. Последняя операция производится при помощи цветных нитролаков. Мелкие детали раскрашиваются ручной кисточкой. Фон и крупная раскраска выполняются при помощи пульверизатора, распыляющего цветной нитролак сжатым воздухом. Предварительно на целлулоидные изделия надеваются шаблоны-маски, имеющие прорез в тех местах, которые должны быть окрашены.

Для придания целлулоидным изделиям блеска они помещаются в пары ацетона, уксусной кислоты или других растворителей.

Вместо выдувания изделий паром или воздухом, иногда применяют аммиачные соли, например, углекислый аммоний, которые при высокой температуре разлагаются. Газообразные продукты разложения производят такое же действие, как пар или воздух.

Сваривание. Полихлорвиниловые листы с большим трудом соединяются между собой и только при помощи одного типа клея на основе перхлорвиниловой смолы. Последняя получается путем дополнительного хлорирования хлорвиниловой смолы. Эту смолу растворяют в дихлорэтане, и полученный раствор применяют в качестве клея.

Наиболее прочного соединения хлорвинилового пластиката достигают свариванием кусков. Этот процесс заключается в том, что края листов пластиката нагревают до

плавления и затем соединяют их между собой. Нагревание пластиката производят электропаяльником с тонким ножеобразным наконечником. Температура последнего — 230—300°. При сваривании тонкого пластиката, для устранения прилипания его к паяльнику, на сложенные кромки листов накладывают тонкую бумагу (например, пергамент). После этого перемещают паяльник вдоль кромки, несколько раз плотно прижимая его к материалу. В результате сваривания получается ровный и прочный шов.

Более совершенный способ сваривания осуществляется при помощи сжатого воздуха, нагреваемого в специальных „электропистолетах" до температуры 200—250°. Выходящий из пистолета воздух имеет вид тонкой струи, сечение которой можно изменять, устанавливая головку пистолета в определенном положении. Тонкие листы пластиката сваривают, пропуская их между узкими горячими металлическими валиками, сжимающими кромки материала. Для этой цели валики помещают в реконструированную швейную машину и обогревают их электричеством. Скорость сваривания равняется 25 см в минуту при толщине пластиката 0,2—0,3 мм. При сваривании толстых листов пластиката их края срезают под углом, соединяют вместе, и в образовавшуюся канавку закладывают полихлорвиниловую проволоку или жгуты. После этого производится сварка. Благодаря такому приему облегчается прогрев материала, и сварной шов получается более прочным.

В последнее время для сваривания пластических масс рекомендуют применять токи высокой частоты, при помощи которых края листов пластиката хорошо и равномерно размягчаются, облегчая протекание рассматриваемого процесса. Тонкие листы пластиката сшиваются также нитками. Эту работу выполняют на обычной швейной машине. Для лучшего скольжения в машине и для облегчения прохода иглы кромки пластиката предварительно смазывают минеральным маслом или припудривают тальком.

## 11. ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Литье пластических материалов под давлением основано на принципе выдавливания в гнездо закрытой прессформы через специальные литниковые каналы размягченной нагреванием массы. В холодной или даже специально охлаждаемой прессформе горячая масса быстро застывает и в виде готового изделия выталкивается из гнезда наружу.

Таким путем изготовляют тонкостенные детали сложной конфигурации, а также различные мелкие изделия, имеющие бытовое или техническое применение.

Благодаря быстроте процесса литья под давлением при помощи одной прессформы, можно изготовить значительно большее количество изделий, чем методом обычного прессования.

Литьевой материал размягчается в машине, проходя через ее головку полностью нагревается и, входя в лит-

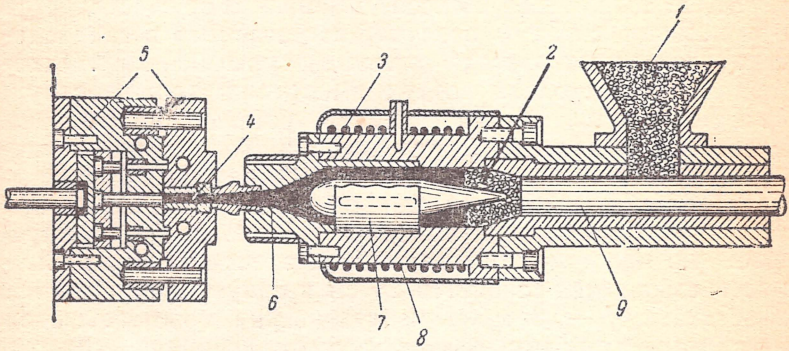


Рис. 22. Схема рабочей машины для литья под давлением.

никовый канал прессформы, обладает оптимальной вязкостью и текучестью. Благодаря этому заполнение гнезда прессформы происходит очень быстро и без значительного сопротивления. В гнездо прессформы можно помещать тонкую металлическую или другую арматуру, которая будет хорошо залита размягченным пластиком без деформаций и поломок.

Схема рабочей части машины для литья под давлением приведена на рис. 22. Материал из бункера *1* поступает в обогреваемый цилиндр *2*, откуда с помощью плунжера *9* через сопло *6* продавливается сквозь литниковый канал *4* в прессформу *5*. Температура последней замеряется термопарой. Обогрев производится элементами *3* и *8*. Перед загрузкой в машину рекомендуется проверить влажность материала, так как при увеличении последней выше нормы на изделиях получаются пятна.

Машины для литья под давлением строятся вертикального и, главным образом, горизонтального типа.

Современные машины для литья под давлением полностью автоматизированы. Они являются наиболее сложными агрегатами, применяемыми в производстве деталей и изделий пластических масс, и представляют собой сочетание двух частей: 1) устройства для выдавливания горячего размягченного пластика через сопло в прессформу и 2) устройства для открывания, закрывания и герметизации прессформы. Работа этих двух частей синхронизирована автоматикой.

Устройство для выдавливания размягченного пластика или, в сущности, машина для литья под давлением, в свою очередь, состоит из трех главных частей: 1) бункера с регулятором подачи пластика в цилиндр машины; 2) обогреваемого цилиндра с головкой и 3) плунжера, создающего давление. Кроме того, машина снабжается рядом регулирующих устройств.

Точная подача материала в цилиндр представляет собою важный элемент нормальной работы машины. Питание цилиндра производится шнеком, приводимым в движение от сервомотора, снабженного электротормозом. Последний останавливает вращение шнека, как только регулятор выключает двигатель.

Другой, так называемый „гравитационный", метод подачи материала в цилиндр осуществляется при помощи специального „питательного" плунжера, приводимого в действие от рабочего плунжера. Величины хода последнего и питательного плунжера взаимосвязаны, вследствие чего автоматически регулируется подача материала в главный цилиндр.

В одних конструкциях машин цилиндры нагреваются ленточными электрическими спиралями; в других конструкциях электрические элементы нагревают масло, циркулирующее в рубашке цилиндра. Регулирование элементов автоматическое; как уже указывалось, пластик под влиянием высокой температуры размягчается и в таком виде при помощи плунжера выталкивается через сопло в прессформу. В целях полного и равномерного нагревания материала, внутри цилиндра, близ сопла машины устанавливается сердечник 7 обтекаемой формы (рис. 22). Наличие сердечника облегчает нагревание материала, который вынужден проходить по тонким каналам.

Задняя часть главного цилиндра обычно снабжается каналами для охлаждения материала. Это необходимо

для того, чтобы материал не прилипал к плунжеру. В противном случае, при обратном ходе плунжера, материал также будет двигаться обратно, вследствие чего нарушится режим работы машины.

Прессформа для литья под давлением (рис. 23) несколько отличается от форм, применяемых при прессовании.

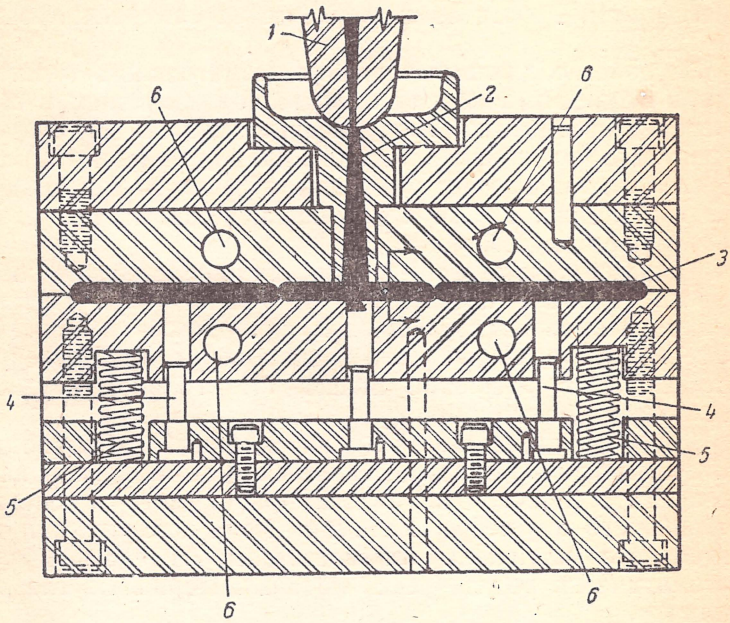


Рис. 23. Прессформа для литья под давлением:
*1* — сопло машины; *2* — литниковый канал; *3* — отлитые изделия; *4* — шпильки выталкивателя; *5* — пружины выталкивателя; *6* — каналы для охлаждения.

Движение устройства для установки прессформы в рабочее положение, т. е. подвод прессформы к соплу машины, зажатие ее и затем раскрытие осуществляются при помощи плунжера, приводимого в движение гидравлическим или рычажным механизмом.

На ряде машин ход плунжера для подвижной плиты прессформы можно менять в зависимости от размеров последней. Это устройство позволяет ускорять цикл.

Некоторые типы машин снабжены приспособлением

для изменения скорости смыкания частей прессформы; оно автоматически замедляет скорость движения подвижной плиты прессформы перед тем, как обе половинки последней смыкаются. Это мероприятие исключает возможность удара в момент смыкания.

В качестве рабочей жидкости применяют масло, которое нагнетается в гидравлические цилиндры при помощи насоса с радиально расположенными поршнями.

После установления определенного давления в соединенных половинках прессформы ход поршней уменьшается настолько, чтобы производительности насоса было достаточно лишь для поддержания необходимого давления. Поворотом маховичка можно регулировать силу зажима прессформы.

Машины другого типа имеют ротационные лопастные насосы. Последние ставятся в тех случаях, когда подвижная плита прессформы работает при помощи рычажного механизма.

Гидравлическое давление в данном случае используется лишь для того, чтобы поддерживать рычажный механизм и прессформу в закрытом положении.

Ниже приводятся характеристики некоторых машин для литья под давлением, имеющихся на наших заводах (табл. 13).

Кроме машин обычного типа, для изготовления особо крупных деталей (например, автомобильного штурвала, рамки размером 300 × 900 мм и др.) применяют спаренные машины, работающие с двух сторон на одну прессформу с весом отливки до 1000 г.

Для изготовления мелких изделий в некоторых мастерских используются упрощенные машины, приводимые в движение вручную при помощи рычага или винта со штурвалом. Имеются машины вертикального типа, в которых питательный плунжер работает пневматически, а подъем и опускание прессформы производятся при помощи винта и конических шестерен, приводимых в движение от штурвала вручную.

Обычно для литья под давлением применяются пластические массы, приготовленные на основе эфиров целлюлозы и, в частности, ацетилцеллюлозы (ацетилцеллюлозный этрол) или на основе полистирола, винилитов и акрилатов. Литье акрилатов затруднено их высокой вязкостью в размягченном состоянии.

Таблица 13

**Эксплоатационные характеристики литьевых машин**

| Элементы характеристики | Тип машины | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 200-Н-9 | РМ-8 | 10-Д-8 | Тип 8 |
| Максимальный вес литого изделия, в г . . . . . | 280 | 250 | 250 | 250 |
| Загрузка питательного бункера, в кг. . . . . | — | 18 | 22 | 25 |
| Скорость плунжера, в см/мин. . | — | 330—450 | 300 | 380 |
| Максимальное давление в цилиндре, в кг/см². . . | 1400 | 1400 | 1400 | 1400 |
| Сила сдавливания прессформы, в т . . . . . | 200 | 400 | 200 | 200 |
| Мощность электродвигателя для насоса, в л. с. . . | — | 20 | 20 | 25 |
| Максимальный раствор прессформы, в см . . . . | 45 | 38 | 39 | 38 |
| Ход плунжера, в см. . . . . | — | 25 | 25 | 23 |
| Принцип смыкания частей прессформы . . . . . | гидравлический | гидромеханический | гидромеханический | гидромеханический |
| Метод обогревания рабочего цилиндра . . . . . | горячее масло | электрическое сопротивление | электрическое или индукционное сопротивление | электрическое сопротивление |

В последние годы для литья под давлением начали применять найлон (полиамид), саран (поливинилиденхлорид) и др.

Режимы литья под давлением некоторых термопластиков приведены в табл. 14

Процесс литья под давлением во многом зависит от соблюдения соответствующей температуры прессформы и от рационального размещения литниковых каналов, подводящих материал в ее гнезда. При неправильном

Таблица 14

**Режимы литья под давлением**

| Наименование пластика | Температура переработки, в °С (температура цилиндра) | Удельное давление (в цилиндре) при литье, в кг/см² |
|---|---|---|
| Ацетилцеллюлоза . . . . . | 155—230 | 200—2000 |
| Ацетобутират целлюлозы . . . | 150—200 | 200—2000 |
| Метилметакрилат . . . . . | 160—230 | 800—2000 |
| Полистирол . . . . . | 150—260 | 200—1000 |
| Сополимер хлористого винила и винилацетата . . . . . | 135—160 | 150—1500 |

истечении материала некоторые гнезда прессформы могут заполниться не полностью, что, в конечном итоге, сведется к уменьшению производительности машины. Следует отметить, что бракованные детали могут быть размолоты и пущены в производство вместе с новыми порциями материала.

На рис. 24 (стр. 72) приведены некоторые схемы расположения изделий, литников и литниковых каналов.

В настоящее время литьем под давлением перерабатывают не только термопластичные материалы, но и термореактивные. Литье реактопластов, так же как и литье термопластов, является наиболее выгодным при изготовлении небольших изделий. Так как максимальный вес отливки обычных литьевых машин не превышает 250—500 г, то для изготовления более крупных изделий рекомендуется применять методы прессования или пресслитья.

Почти все обычные литьевые машины для термопластов могут быть переоборудованы для реактопластов. В последнем случае в головке машины отсутствует сердечник *7* (рис. 22). Материал проталкивается к передней части цилиндра плунжером. В этом месте полость нагревателя сужается в сопло, ведущее к литнику. Сопло окружено несколькими нагревателями, периодически включаемыми в сеть. Скорость течения материала через сопло рассчитывается таким образом, чтобы материал на своем пути успевал полностью нагреться до температуры литья.

При прохождении через этот участок высоких температур, материал прогревается в достаточной степени для отверждения его в прессформе. После отливки изделий сопло охлаждается водой. Одновременно с пуском охла-

ждения прекращается давление на материал, чтобы воспрепятствовать преждевременному отверждению материала в сопле. Плунжер машины снабжен водяным охлаждением. Питательный цилиндр также охлаждается. Это делается с целью предупреждения преждевременного отверждения

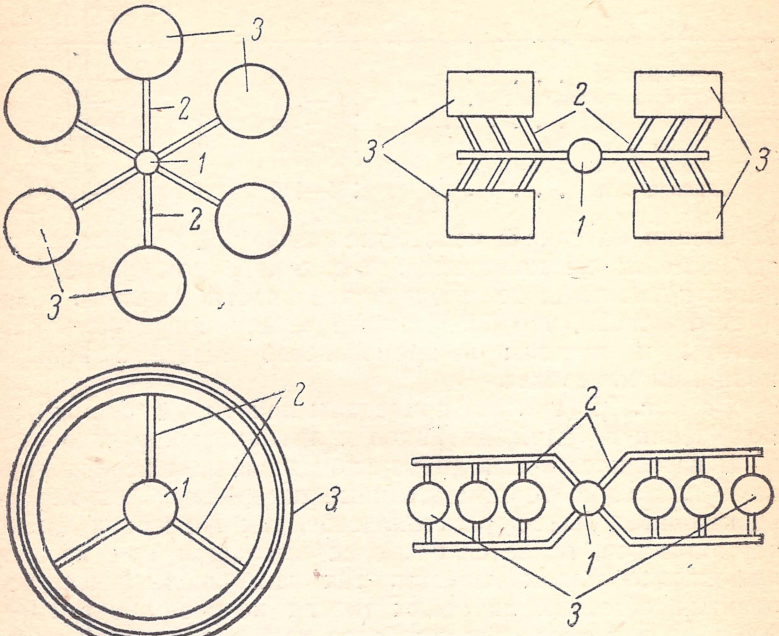


Рис. 24. Схемы расположения изделий, литников и литниковых каналов:
*1* — литник; *2* — литниковые каналы; *3* — отлитые изделия.

материала, а также для того, чтобы при расширении от нагревания плунжер „не заедал", так как он весьма точно подгоняется к стенкам цилиндра.

Литьевой плунжер и цилиндр машины должны быть сконструированы так, чтобы частицы материала не могли попасть в зазор между плунжером и стенкой цилиндра. Это может вызвать заклинивание плунжера. В целях обеспечения полного отверждения материала прессформу нагревают до высокой температуры.

При конструировании прессформы следует обращать внимание на конфигурацию и размеры литниковых каналов.

Последними определяется не только турбулентный характер потока материала, но и полнота заполнения гнезда прессформы, а также успешность удаления летучих. Прессовочный материал должен содержать в себе смазочные вещества, обеспечивающие его хорошую текучесть. Для этой цели применяется стеарат цинка.

## 12. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ

Механическая переработка пластических масс, связанная со снятием стружки, т. е. точением, фрезерованием, сверлением и т. п., мало эффективна, требует значительной затраты квалифицированной рабочей силы и сопровождается получением неиспользуемых отходов.

Прессованные или литые изделия из пластиков подвергаются механической обработке резанием только для уничтожения заусенцев и сверления глубоких отверстий малого диаметра, которые трудно получить прессованием. Всех других операций механической обработки резанием следует, по возможности, избегать, так как при этом снимается тонкая поверхностная смоляная пленка, обладающая блеском и высокой химической и электрической устойчивостью. Места, подвергнутые механической обработке, требуют дополнительно полировки, но даже при осуществлении последней они имеют худший вид, чем отпрессованные.

К механической обработке приходится прибегать в случае необходимости изготовления незначительного количества однотипных деталей, не окупающих стоимости прессформы.

Другим примером служит нарезание зубцов на заготовках шестерен. Эта операция не производится прессованием вследствие трудности получения точного профиля зуба и достаточной прочности его.

Наиболее часто механической обработке подвергаются изделия из слоистых пластиков, как например детали подшипников, бесшумные шестерни, электрические распределительные щиты и панели и т. п.

Обработка пластиков на станках требует соблюдения ряда специальных правил. Низкая теплопроводность, вязкость, неоднородность состава и смолистость приводят к очень быстрому затуплению режущего инструмента. Последнее, в свою очередь, вызывает расслаивание

пластика, выкрашивание и ожоги его поверхности. Обработка пластиков сопровождается выделением большого количества пыли, которая способствует преждевременному износу трущихся частей станка. Поэтому помещение должно быть оборудовано местной вытяжной вентиляцией.

Резание, как правило, производится инструментами из быстрорежущей стали или оснащенными пластинками из твердых сплавов.

Смазочно-охлаждающие жидкости не применяются. Возможно только охлаждение сжатым воздухом.

Ориентировочные режимы резания пластиков и рекомендуемая геометрия инструментов приведены в табл. 15 и 16.

Таблица 15

**Ориентировочные режимы резания при обработке заготовок из прессовочных порошков [1]**

| Метод обработки | Элементы режима резания | | Характеристика инструмента |
|---|---|---|---|
| | скорость резания, в м/мин. | подача, в мм/об. | |
| Точение . . . . . | 30—50 | 0,3—0,5 | Резец из быстрорежущей стали<br>Задний угол: 12—15° |
| Фрезерование . . | 30—40 | 0,1—0,2 | Фреза из быстрорежущей стали |
| | 40—80 | 0,1—0,2 | Фреза с пластинками из твердых сплавов |
| Сверление . . . . | 30—60 | 0,1—0,2 | Спиральное сверло из быстрорежущей стали. Угол заточки: 85—90° |
| | 60—100 | 0,2—0,4 | Спиральное или перовое сверло с пластинками из твердых сплавов. Угол заточки: 45—90°. Задний угол: 30° |
| Резка . . . . . | 1200—1800 | Ручная | Ленточная пила; ширина полотна от 6 до 37 мм<br>Толщина полотна: до 1 мм. Число зубьев: 5—6 на 1″. Развод: 0,3—0,4 мм на сторону |

[1] Фенопластов и аминопластов.

Таблица 1

**Ориентировочные режимы резания при обработке слоистых пластиков**

| Характеристика инструмента | Геометрия режущего инструмента | | | | Элементы режима резания | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | задний угол, в град. | угол заострения, в град. | передний угол, в град. | угол резания, в град. | скорость резания, в м/мин. | подача, в мм/об. |
| **Точение** | | | | | | |
| Резец из быстрорежущей стали . . . . . | 10—15 | 65—80 | 0—10 | 80—90 | 50—120 | 0,15—0,5 |
| Резец с пластинкой из твердого сплава . . | 12—20 | 40—60 | 0—30 | 60—90 | 100—300 | 0,30—0,70 |
| **Фрезерование** | | | | | | |
| Фреза из быстрорежущей стали . . . | 10—15 | 65—78 | 8—10 | 80—90 | 40— 60 | 0,2—0,8 |
| Фреза с пластинками из твердых сплавов . . . . . | 10—15 | 65—78 | 8—10 | 80—90 | 60—120 | 0,5—1,0 |
| Фреза с пластинками из твердых сплавов или хромированная . . . | 10—15 | 65—78 | 8—10 | 80—90 | 80—120 | 0,3—0,8 |
| **Сверление** | | | | | | |
| Спиральное сверло из быстрорежущей стали . . . . | — | Угол заточки [1] 55—70° | — | — | 20—40 | 0,2—0,4 [1] |
| | | Угол заточки [2] 100—130° | — | — | 20—40 | 0,1—0,2 [2] |

[1] При сверлении перпендикулярно слоям.
[2] При сверлении параллельно слоям.

Следует отметить, что при сверлении в пластиках отверстий, параллельных слоям, материал необходимо зажимать в тиски или струбцины. Это предохраняет материал от раскалывания. Резка плит и досок из слоистых пластиков, а также обрезка их краев производятся при помощи ленточных и дисковых пил.

Ленточные пилы пригодны для резания толстых плит. Число их зубцов — 4 ÷ 7 на каждые 25 мм длины пилы. Развод зубцов должен равняться двойной толщине полотна. Скорость резания составляет 1000—2400 м/мин. Подача ручная. Ленточные пилы с бо́льшим разводом создают при обрезке рифленые поверхности, требующие дополнительной обработки.

Дисковые пилы применяют для разрезки плит толщиной до 30—40 мм. Пилы изготовляются из быстрорежущей стали и должны иметь хорошо заточенные неразведенные зубцы. Обрез получается тем глаже, чем меньше выступает диск пилы из материала; это, однако, ведет к более быстрому затуплению пилы. Диск пилы утолщается от центра к периферии. Обычно конусность составляет 10% от толщины диска. Наиболее употребительны пилы диаметром 250—350 мм, толщиною 2—5 мм, с шагом зубца 5÷8 мм. Скорость резания пилами — 2400÷3400 м/мин.

Нарезку резьбы в слоистых пластиках целесообразно производить только в направлении, перпендикулярном слоям. Для нарезки используются метчики. Наружная резьба нарезается на винторезном станке. В последнее время для обработки пластиков начали с успехом применять абразивные инструменты.

*Глава III*

# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

От деталей ответственных машин и приборов до предметов быта (одежда, обувь, пуговицы, патефонные пластинки и т. д.) — вот области применения пластических масс.

Это наглядно иллюстрируется данными, приведенными в приложении I, в которой одновременно указаны состав и методы переработки пластиков в изделия.

Основными отраслями применения пластических масс являются:

1) приборостроение и машиностроение;

2) электротехника сильных и слабых токов, в том числе и кабельная техника;

3) строительная индустрия.

Ниже приводятся отдельные примеры использования пластиков в этих отраслях промышленности.

## 13. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ И В МАШИНОСТРОЕНИИ

Приборы характеризуются наличием значительного числа однотипных и мелких деталей, в большинстве случаев не несущих высоких механических нагрузок. Эта особенность предопределяет широкое применение пластиков, перерабатываемых в детали прессованием и литьем под давлением.

Путем сравнения свойств и выбором наиболее эффективного метода переработки можно решить вопрос о целесообразности применения пластиков для определенных целей.

Вкладыши подшипников. Пластические массы

широко используются в качестве антифрикционных материалов в подшипниках скольжения, заменяя бронзу, баббит и другие сплавы цветных металлов, а также импортную древесину — бакаут.

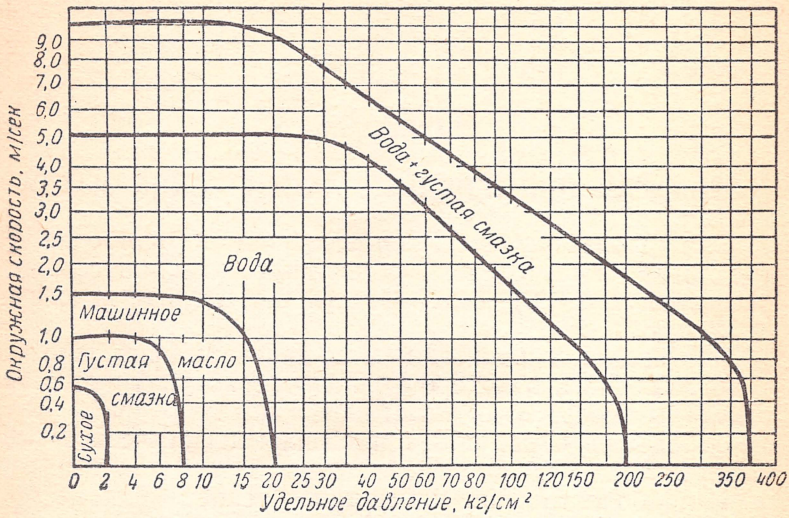


Рис. 25. Области применения различных смазок для вкладышей из слоистых пластиков.

Обычно для рассматриваемой цели применяют слоистые фенопласты: текстолит и древесные пластики. Особенностью вкладышей подшипников, изготовленных из пластиков, является то, что они работают без применения специальных смазочных веществ, но требуют хорошего охлаждения трущихся поверхностей водой. Поэтому вкладыши из пластиков ставятся, главным образом, в тех случаях, когда к трущимся поверхностям может быть подведена вода. Допустима также смазка жидким маслом при хорошей циркуляции последнего. На рис. 25 показаны области применения различных смазок для вкладышей из слоистых пластиков. Как видно из рисунка, „сухое" трение может быть допущено лишь при очень малых нагрузках, когда все выделяемое тепло трения отводится валом. Для облегчения трения в „сухом" состоянии в состав пластиков вводят графит.

Применение консистентных смазочных веществ поз-

воляет работать при несколько более высоких нагрузках. Следует учитывать, что густая смазка уменьшает трение, но не способствует отводу тепла.

Значительные нагрузки и высокие скорости вызывают необходимость в интенсивном охлаждении вкладышей водой.

При очень больших нагрузках (более 200 кг/см²) или при высоких скоростях (более 5 м/сек.) некоторые авторы рекомендуют добавлять к воде жировую смазку, не смывающуюся водой.

Расход воды для охлаждения может быть охарактеризован данными табл. 17.

Таблица 17

**Расход воды на охлаждение вкладышей подшипников из слоистых пластиков** [1]

| Удельное давление на подшипники, в кг/см² | Удельный расход воды, л/см² в мин. |
|---|---|
| 15 | 0,01 |
| 20— 40 | 0,02—0,05 |
| 80—150 | 0,1 —0,15 |

Температура на поверхности вкладышей при эксплоатации не должна превышать 70°. Более высокие температуры вызывают медленное разрушение пластика.

Поведение пластиков при трении характеризуется следующим: 1) при водяной смазке и увеличении окружной скорости коэффициент трения медленно падает или остается постоянным для скоростей выше 45 м/мин.; 2) при смазке маслом коэффициент трения выше, чем при смазке водой (табл. 18).

Таблица 18

**Коэффициенты трения пластических масс**

| Окружная скорость вала, в м/мин. | Коэффициент трения при смазке | |
|---|---|---|
| | водой | маслом |
| 30 | 0,024 | 0,16 |
| 152 | 0,013 | 0,16 |

[1] Применительно к подшипникам прокатных станов.

Коэффициент трения при водяной смазке может быть снижен до величины 0,004.

Одной из существенных особенностей подшипников из пластических масс является их низкая теплопроводность, колеблющаяся в пределах от 0,13 до 0,30 ккал/м·час на 1° С. Она в среднем в 500 раз меньше теплопроводности металла. Как следствие, теплота трения не может отводиться через тело подшипника и должна быть поглощена при помощи обильного охлаждения трущихся поверхностей водой. Металлическая шейка вала нагревается и расширяется быстрее, чем вкладыши, поэтому зазор между ними уменьшается. В результате может возникнуть явление заедания вала.

Изложенное должно учитываться при проектировании рассматриваемого сопряжения. Принято считать, что зазор должен составлять 0,3% от диаметра шейки вала.

Особенно эффективно применение подшипников из пластиков в прокатных станах. Доказано, что в этом случае рассматриваемые подшипники в 3—6 раз долговечнее, чем бронзовые, к тому же на 15—20% снижается расход электроэнергии.

Вкладыши могут изготовляться цельнопрессованными или составными из отдельных брусков, собранных в металлические кассеты.[1] В промышленности предпочитают пользоваться вторым способом, так как при этом не требуются прессформы.

Из плит слоистых пластиков бруски вырезаются с учетом конструкции плиты (табл. 12) и необходимого расположения слоев во вкладыше (рис. 26). Рекомендуется вкладыши размещать таким образом, чтобы они располагались „торцом" к шейке вала, а направление их слоев было параллельно оси вала.

Слоистые пластики поглощают воду и разбухают в направлении, обратном прессованию, на величину, составляющую для лигнофоля 18—20% от линейных размеров. Если вкладыши из древесных пластиков сжаты в кассете, то при разбухании они давят на стенки последней с силой до 100 кг/см². Поэтому кассета должна обладать соответствующей прочностью.

---

[1] Подробнее см. в книге Я. С. Галлай и Н. М. Филиппова, Лигнофолевые и лигностоновые подшипники, 1946.

Весьма существенным элементом является угол охвата вала вкладышем. При общем угле охвата в 180° рабочий угол, в пределах которого вал непосредственно соприкасается с подшипником, рекомендуется выполнять

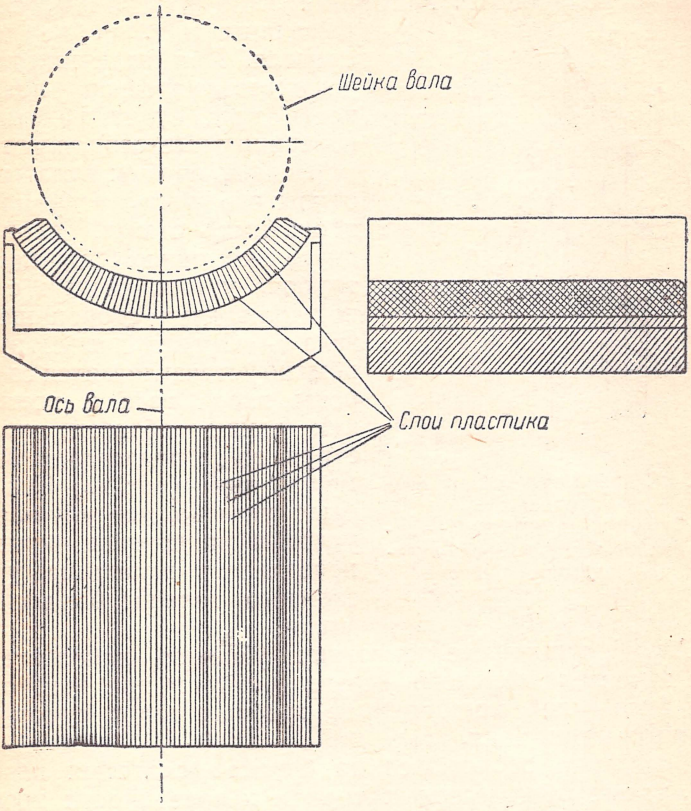


Рис. 26. Расположение слоев пластика при наборе вкладыша из брусков.

в 120—140°. Для этого часть боковой поверхности вкладыша (у краев) снимается на станке или шабером. Тем самым обеспечивается лучшая подача воды к трущимся поверхностям.

Вопрос о целесообразности нанесения смазочных канавок на поверхность вкладыша еще недостаточно изучен.

По мнению некоторых исследователей, канавки облегчают циркуляцию воды. Большинство специалистов высказывается против применения смазочных канавок, так как они нарушают „смазочную пленку".

Рабочие поверхности шеек и цапф валов должны быть отполированы. Различные задиры, забоины, следы ржавчины и т. п. не допускаются. При наличии таких дефектов неровная поверхность вала будет разрушать поверхностные слои пластика.

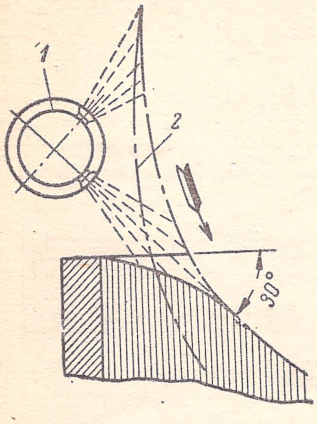


Рис. 27. Схема охлаждения подшипника:
*1* — брызгальная трубка; *2* — линия наибольшего износа вкладыша.

Подвод воды к вкладышам открытого типа, например в прокатных станах, производится с помощью брызгальных трубок, установленных с одной или двух сторон шейки вала. Ординарная трубка обычно устанавливается со стороны входа вала в подшипник таким образом, чтобы струя воды попадала в зазор между ними (рис. 27). Как это было указано, для улучшения условий попадания воды на поверхность вкладыша, у последнего должны быть сняты фаски.

Антифрикционные пластики успешно используются для замены импортного дерева (бакаута) при изготовлении вкладышей подшипников гребных валов судов различного назначения.

Вкладыши собираются из брусков слоистых пластиков, также располагаемых торцом к поверхности трения.

При большой длине дейдвудных труб бруски укладываются в несколько рядов встык.

Набор брусков для нижней части подшипника производится двояко, а именно: в виде сплошной дуги без промежутков или с оставлением зазоров между отдельными брусками. Сбоку и в верхней части подшипника бруски в обоих случаях собираются с зазорами. Последние, так же как и канавки в нижней части вкладыша, имеют целью обеспечить лучший подвод воды к трущимся

поверхностям, а также служат для удаления частиц песка, попадающих в подшипник на мелководье.

Наиболее часто для вкладышей применяют текстолит и лигнофоль. Текстолит изготовляется на основе тяжелых или средних тканей (дук, бязь и т. п). Содержание смолы в текстолите колеблется от 40 до 55%; желательно иметь материал с наименьшим количеством смолы. При пропитке тканей фенольными смолами в раствор может быть добавлен коллоидный графит, уменьшающий коэффициент трения подшипников.

Иногда, вместо текстолита, особенно для мелких подшипников, прессуемых непосредственно в прессформах, применяют волокнит. Если необходимо изготовить вкладыши больших размеров, но малой толщины, производят прессование изогнутых пластин из текстолита, при положении слоев „плашмя".

Некоторые специальные типы вкладышей изготовляют из стеклотекстолита.

Слоистые древесные пластики дешевле текстолита, поэтому они начинают широко применяться для изготовления подшипников. Текстолит может быть рекомендован как материал лишь для особо ответственных вкладышей, так как ткань изготовляется по точным техническим условиям, в то время как качество древесного шпона может колебаться в сравнительно широких пределах. Толщина шпона для изготовления пластика колеблется от 0,3 до 1 мм. Наиболее часто используется шпон толщиной $0{,}55 \pm 0{,}05$ мм. Применять шпон толще одного миллиметра не рекомендуется.

Как показали исследования инж. М. А. Рудык, оптимальное содержание искусственной смолы в антифрикционных слоистых древесных пластиках должно соответствовать 20%. Как указывалось выше (табл. 12), древесные слоистые пластики в зависимости от расположения волокон разделяются на четыре типа. Еще не установлено точно, какой из этих типов наиболее пригоден для изготовления антифрикционных деталей. Наиболее часто для этих целей пользуются марками ДСП-А и ДСП-С.

Шестерни из пластических масс обладают бесшумным ходом и поэтому широко применяются в машиностроении, особенно для передачи высоких скоростей.

В качестве материала для изготовления шестерен наи-

более часто используются слоистые пластики (текстолит, лигнофоль и др.).

Рассматриваемые шестерни изготовляются из:

1) цилиндрических болванок, отпрессованных в прессформах или вырезанных из плит, и

2) профильных заготовок, отпрессованных в специальных прессформах.

Зубцы, как правило, нарезаются на фрезерных или зуборезных станках. Изготовление цельнопрессованных зубцов еще не освоено техникой. При прессовании зубцов прочность последних получается ниже, чем нарезанных, вследствие трудности укладки в прессформу прочного слоистого материала. Обычно при прессовании к периферии шестерни оттесняется смола, обрывки волокон и т. п., поэтому прочность зубцов получается заниженной. Кроме того, вследствие усадки изменяется шаг зубцов.

Шестерни из болванок часто зажимают между стальными боковыми шайбами, обеспечивающими жесткость крепления шестерни на валу. Шайбы связываются при помощи болтов, пропускаемых через тело шестерни.

Профильные заготовки шестерен обычно снабжаются металлическими втулками, которые запрессовываются в их тело. Изготовление шестерен этого типа производится следующим образом: 1) из текстолита или лигнофоля вырубают выкройки обода шестерни в виде сегментов или лент; 2) выкройки собираются в заготовку; 3) из обрезков слоистых пластиков или из волокнита изготовляют ступицу; 4) для связи частей шестерни заготовка покрывается с торцов и прокладывается шайбами, вырезанными из одного слоя пластика; 5) собранная заготовка таблетируется и прессуется в прессформе, в которую закладывается металлическая втулка, снабженная шпоночной канавкой, иногда после этого заготовки провариваются в масле в целях полной полимеризации искусственной смолы; 6) производится нарезание зубцов.

Расчет шестерен из пластиков на механическую прочность выполняется по известным формулам. При невысоких скоростях прочность шестерен из пластиков и чугуна приблизительно равна. При высоких окружных скоростях, превышающих 800 м/мин., прочность шестерен из

пластиков становится равной прочности стальных шестерен.

В табл. 19 приведены данные, характеризующие эксплоатационные возможности шестерен из пластических масс.

Таблица 19

**Ориентировочная зависимость модуля от окружной скорости шестерни и передаваемой ею мощности**

| Передаваемая мощность, в л. с. | Окружная скорость, в м/сек. | | |
|---|---|---|---|
| | до 5,1 | 5,1—10,2 | выше 10,2 |
| до 1,0 | 3,2— 2,6 | 2,6— 2,1 | 2,1—1,6 |
| 1,0— 2,0 | 3,6— 3,2 | 3,2— 2,6 | 2,6—2,1 |
| 2,0— 3,0 | 4,2— 3,6 | 3,6— 3,2 | 3,2—2,6 |
| 3,0— 7,5 | 5,1— 4,2 | 4,2— 3,6 | 3,6—3,2 |
| 7,5— 10 | 6,4— 5,1 | 5,1— 4,2 | 4,2—3,6 |
| 10 — 15 | 8,6— 6,4 | 6,4— 5,1 | 5,1—4,2 |
| 15 — 25 | 10,2— 8,6 | 8,6— 6,4 | 6,4—5,1 |
| 25 — 60 | 12,7—10,2 | 10,2— 8,6 | 8,6—6,4 |
| 60 —100 | 14,6—12,7 | 12,7—10,2 | 20,2—8,6 |

**Допускаемый крутящий момент в зависимости от модуля**

| Модуль, в мм | Крутящий момент, в кГм | Модуль, в мм | Крутящий момент, в кГм |
|---|---|---|---|
| 1,5 | 0,14—0,25 | 6,5 | 6,5 — 13,6 |
| 2,0 | 0,25—0,50 | 9,0 | 13,62— 27,2 |
| 2,5 | 0,50—1,1 | 10,0 | 27,2 — 67,2 |
| 3,0 | 1,1 —2,0 | 13,0 | 67,2 —122,4 |
| 4,0 | 2,0 —4,0 | 16,0 | 122,4 —244,8 |
| 5,0 | 4,0 —6,5 | 26,0 | 244,8 —477,0 |

## 14. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ СЛАБЫХ И СИЛЬНЫХ ТОКОВ

В электротехнической промышленности пластики широко используются для изготовления:

1) деталей машин, приборов и аппаратов, включая корпусы разнообразных устройств телефонии, телемеханики, сигнализации и т. п.;

2) установочной и осветительной аппаратуры;

3) электроизоляции машин, аппаратов, кабелей и проводов;

4) оболочек кабелей и проводов.

Для изготовления корпусов обычно применяют порошки фенопластов, а иногда аминопластов. Прессование производится в прессформах, как это обычно делается при изготовлении различных деталей.

В тех случаях, когда требуется повышенная прочность, применяют волокнит или текстолитовую крошку. Корпусы из пластиков дешевле аналогичных деталей, изготовленных штамповкой из черного металла или латуни, с последующей окраской различными составами.

Телефонные аппараты в настоящее время выполняются целиком из пластиков. Корпусы черного цвета прессуются из порошков фенопластов; другие окраски обеспечиваются применением соответствующих аминопластов. Особенно эффектны белые телефонные аппараты или цвета слоновой кости.

Отдельные размеры ряда деталей должны быть точно выдержаны, так как в противном случае включение детали в цепь будет происходить неправильно. Для изготовления таких деталей применяют подсушенные материалы высокого качества, обладающие минимальной усадкой, т. е. 0,5—0,6% от линейных размеров.

Различные типы электроосветительной арматуры также изготовляются из пластических масс.

Настольные лампы выполняются большей частью из цветных аминопластов. Для абажуров, плафонов, бра и т. д. применяют полупрозрачные молочнобелые аминопласты или с добавлением других цветов, образующих мраморные прожилки в изделии (рис. 28).

При помощи аминопластов удается достичь художественных имитаций оникса, опала и других ценных минералов. Если при этом учесть, что аминопласты просвечивают, то следует признать, что применение этих пластиков в приборах освещения очень эффектно.

В настоящее время почти вся установочная арматура электроосвещения (выключатели, штепсельные розетки и вилки и др.) изготовляется из пластических масс.

В качестве электроизоляционных деталей применяют различные типы пластиков; следует наблюдать за тем, чтобы они содержали минимальное количество влаги.

Для изготовления электроизоляционных деталей рекомендуется пользоваться карболитом марки К-21-22.

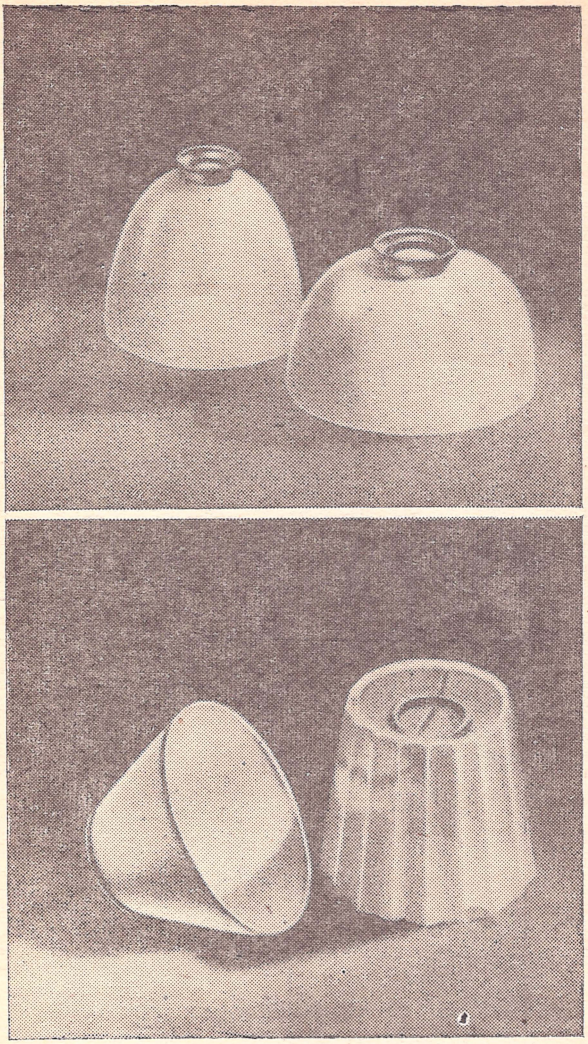

Рис. 28. Абажуры из аминопластов для электрических ламп.

Таблица 20

**Влияние наполнителя на свойства фенопластов**

| Свойства | Типы пластических масс | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | чистая фенол-формальдегидная смола | смола с древесной мукой | смола с минеральным наполнителем | смола с бумагой | смола с полотном |
| Удельный вес . . . . . | 1,3 | 1,3—1,5 | 1,8—2,0 | 1,2—1,4 | 1,3—1,4 |
| Поглощение воды после 48 часов пребывания в ней, в % . . . . . | 0,5—0,10 | 0,2—0,7 | 0,10—0,15 | 0,2—4 | 0,2—2 |
| Максимальная температура в °С, не влияющая заметно на механические свойства . . . . . | 100—130 | 110—130 | 150 | 110—130 | 110—125 |
| Электрическая прочность при 20° С, в кв/мм . . . . | 12— 18 | 12— 20 | 10—16 | 20— 50 | 8— 24 |
| Диэлектрический коэффициент при 20° С . . . . . | — | 4— 8 | 4,5—6 | 4,5—6 | 4,5—6 |
| Тангенс угла диэлектрических потерь при 20° С . . | 0,005—0,08 | 0,02—0,15 | 0,10—0,15 | 0,02—0,12 | 0,02—0,15 |
| Удельное объемное сопротивление, в ом·см . . . | — | $10^{10}$—$10^{12}$ | $10^{9}$—$10^{11}$ | $10^{10}$—$10^{12}$ | $10^{10}$—$10^{11}$ |

Примерный состав его следующий:

| | |
|---|---|
| фенолальдегидной резольной смолы | 50% |
| уротропина | 2% |
| мумии (влажностью до 2%) | 4% |
| олеиновой кислоты | 1,3% |
| древесной муки | 42,7% |

В качестве наполнителя при изготовлении порошков используется древесная мука, добавление которой не снижает электрической прочности пластика, в отличие от минеральных наполнителей. Водопоглощаемость пластиков при введении разных наполнителей обычно увеличивается. Также возрастают диэлектрические потери. Волокнистые текстильные наполнители, особенно ткань, сообщают пластическим массам меньшую электрическую прочность, чем наполнители из бумаги. Стеклянное волокно сообщает пластику высокие диэлектрические свойства. В табл. 20 показано влияние наполнителей на свойства фенопластов (по данным ВЭИ).

Ниже приводится сравнение диэлектрических свойств прессовочных порошков К-18-2 и К-21-22 (табл. 21). [1]

Прессовочные материалы на основе аминопластов обладают высоким сопротивлением воздействию поверхностных электрических разрядов. Последние действуют на

Таблица 21

**Диэлектрические свойства прессовочных порошков**

| Марка пластика | Водопоглощаемость в % через | | Прочность на удар, в кг/см/см² | Свойства | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Удельное объемное сопротивление, в ом·см | | Тангенс угла потерь | | Пробивная прочность, в кв/мм | |
| | 24 часа | 144 часа | | после изготовления | после 48 часов пребывания в воде | после изготовления | после 48 часов пребывания в воде | после изготовления | после 48 часов пребывания в воде |
| К-18-22 | 0,12 | 0,40 | 5—6 | $1{,}74 \cdot 10^{12}$ | $2{,}39 \cdot 10^{11}$ | 0,20 | 0,31 | 14 | 13 |
| К-21-22 | 0,09 | 0,30 | 5—6 | $3{,}2 \cdot 10^{12}$ | $2{,}8 \cdot 10^{12}$ | 0,07 | 0,10 | 15—18 | 15—18 |

[1] К. А. Андрианов, Технология органических электроизолирующих материалов, Госхимиздат, 1941.

фенопласты, образуя токопроводящие, обугленные мостики. Аминопласты этим недостатком не обладают. При действии электрической дуги они выделяют газы, способные гасить дугу, почему и применяются для изготовления сухих электрических предохранителей.

Высокими диэлектрическими свойствами обладают анилиноформальдегидные пластики, не содержащие кислорода; процесс их конденсации происходит без выделения воды, которая снижает диэлектрические свойства других видов пластиков.

В качестве клеящих материалов, при изготовлении изоляции на основе слюды (миканит, микофолий), применяют алкидные (глифталевые) пластики. В этом отношении они заменяют импортную тропическую смолу — шеллак.

В силовых трансформаторах высокого напряжения, масляных выключателях, рентгеновских установках широко используется слоистая изоляция на основе сульфатной бумаги, пропитанной фенолальдегидной смолой. Прессованные из такого материала доски и плиты, называемые гетинакс, обладают высокой электрической прочностью и низкими диэлектрическими потерями. Из пропитанной фенопластами бумаги изготовляют намоточные слоистые электроизоляционные изделия в виде цилиндров и трубок. Это производится на специальных станках путем намотки полотнищ, пропитанных фенольной смолой, на оправку соответствующего диаметра при повышенных температуре и давлении. Электрическая прочность намотанных цилиндров равняется 12—20 кв/мм. Тангенс угла потерь — 0,007—0,02.

Потребность в повышении мощности электрических машин и аппаратов без увеличения их габаритов и веса вызвала необходимость увеличения их эксплоатационных температур. Однако повышение температур ограничивалось низкой теплостойкостью электроизоляции, которая плавилась, обугливалась и пробивалась электрическим током. Лишь с применением новых теплостойких пластических масс удалось повысить эксплоатационную температуру электрических машин. Благодаря этому экономится значительное количество материала и обеспечивается выпуск легких электрических двигателей и аппаратов, что имеет особое значение для авиации и других видов транспорта.

Из материалов с повышенной теплостойкостью в первую очередь должны быть отмечены кремнийорганические пластики (силиконы), поливинилформаль, политетрафторэтилен и другие.

Кремнийорганические пластики могут допускать нагрев до 200°, а комбинации кремнийорганических пластиков и лаков со стеклянным волокном позволяют выпускать такие электроизолирующие материалы, как стеклотекстолит, стекломиканит и т. п., выдерживающие длительно температуры до 200—250°.

Тангенс угла потерь этих материалов равняется 0,0015 при $10^6$ герц. Удельное объемное сопротивление составляет $10^{14}$ ом·см при 20° и $10^{11}$ ом·см при 250°.

Стекломиканит на кремнийорганических смолах имеет электрическое сопротивление $10^{11}$ ом·см при 250°, в то время как при той же температуре обычный миканит имеет сопротивление $10^{10}$ ом·см. Профессор К. А. Андрианов указывает, что теплостойкая электроизоляция из новых видов пластиков обеспечивает:

1) уменьшение размеров и веса электрических машин, работающих при повышенных рабочих температурах без сокращения продолжительности времени эксплоатации;

2) значительное увеличение срока службы изоляции при сохранении прежних размеров, веса и рабочей температуры;

3) возможность работы в различных средах, в том числе и при повышенной влажности.

Все это позволяет при использовании новой теплостойкой изоляции уменьшать вес электрических машин.

Изоляция на основе политетрафторэтилена также обладает высокой теплостойкостью. Провода, изолированные политетрафторэтиленом, можно применять для обмотки двигателей, работающих при высоких температурах в окислительной атмосфере. Изолированные таким путем провода особенно пригодны для обмотки якорей двигателей рефрижераторов, где требуется химическая стойкость при соприкосновении с такими химическими активными веществами, как аммиак и сернистый газ.

Возможность изготовления пленок политетрафторэтилена равномерной толщины позволила применять его в качестве заменителя слюды в электроизоляции якорей и коллекторов.

Покрытие политетрафторэтиленом может с успехом служить для обмотки трансформаторов и индукционных катушек, а также в магнето двигателей внутреннего сгорания.

Политетрафторэтилен пригоден для изоляции подземных кабелей, так как изоляция из него не подвержена текучести на холоде, и кабель хорошо защищен от действия соленой воды и грунтовых вод.

Изоляция на основе политетрафторэтилена рекомендуется вместо слюды для запальных свечей двигателей, так как она отличается стойкостью к вибрациям и ударам. Политетрафторэтилен используется и в радиоаппаратуре, например в конденсаторах, катушках сопротивления, рамках для антенн и т. п.

Для радиоаппаратуры весьма пригоден также полистирол, обладающий высокими диэлектрическими свойствами и не изменяющий их при радиочастотах. Недостатком полистирола является его низкая теплостойкость, хотя последняя может быть и повышена путем совместной полимеризации полистирола с дивинилбензолом.

В качестве высокочастотной теплостойкой электроизоляции может быть рекомендован поливинилкарбазол. Химически стойким электроизоляционным материалом является также полихлорвиниловый пластикат.

К его недостаткам относятся: 1) низкая теплостойкость и 2) понижение диэлектрических свойств при повышении эксплоатационной температуры.

Из твердого полихлорвинила изготовляют аккумуляторные баки и сепараторы. Для изоляции кабелей служит полиэтилен (политен). Этот материал весьма инертен, обладает высокой стойкостью против коррозии, стоек к действию влаги и, как чистый углеводород, отличается высокими диэлектрическими свойствами:

диэлектрическая постоянная — 2,2;

пробивная напряженность, вольт на 0,025 мм—1000;

электрическое объемное сопротивление, ом·см — $10^{17}$;

тангенс угла потерь — 0,0005.

Эти данные соответствуют частоте в 50 герц.

В качестве изоляции и оболочки кабеля применяют полиизобутилен и его производные. Диэлектрические свойства полиизобутилена следующие (табл. 22):

Таблица 22

**Диэлектрические свойства полиизобутилена**

| Свойства | Температура | |
|---|---|---|
| | 20° С | 85° С |
| Тангенс угла потерь . . . . . | 0,0004 | 0,005 |
| Диэлектрическая постоянная . . . . . | 2,3 | 2,2 |
| Удельное сопротивление, в ом·см . . . . | $10^{15}$ | $10^{15}$ |
| Пробивная напряженность, в кв/мм . . . . | 23 | 23 |

## 15. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ В СТРОИТЕЛЬНОМ ДЕЛЕ

Прекрасные декоративные свойства, высокая химическая и полная биологическая стойкость (по отношению к различным грибкам, плесени, жучкам-древоточильщикам и даже грызунам) делают пластические массы незаменимыми материалами как в строительстве, так в производстве вагонов, судов, автобусов, самолетов и т. п.

Пластики могут быть использованы для следующих целей:

1) покрытие полов;
2) облицовка стен и потолков;
3) отделка лестниц и эскалаторов метро;
4) покрытие мебели (вместо кожи);
5) отделка мебели;
6) склеивание древесины;
7) тепло-, электро- и звукоизоляция и т. д.

Немаловажное значение приобретают пластические массы как материал для изготовления экранов, приборов вентиляции и отопления, деталей водопровода и санитарных устройств, газовой арматуры и т. п.

Покрытие полов может быть выполнено при помощи линолеума на основе пластиката из полихлорвинила с древесной мукой и красителями. Как известно, обычный линолеум изготовляется на основе дефицитных льняного масла и пробковой муки. На основе пластиката удается получить полноценный заменитель льняного (линоксинового) линолеума, который выгодно отличается еще тем, что не горит, в то время как льняной линолеум горит интенсивным коптящим пламенем. Таким образом,

полихлорвиниловый линолеум огнебезопасен, устойчив по отношению к механическим воздействиям и к истиранию. Отдельные полотнища хлорвинилового линолеума можно монолитно соединять между собой при помощи сваривания, в результате чего получается широкое цельное покрытие.

На основе виниловых масс изготовляют отдельные шашки, аналогичные паркетным. При помощи этих шашек можно получить любой декоративный рисунок (рис. 29).

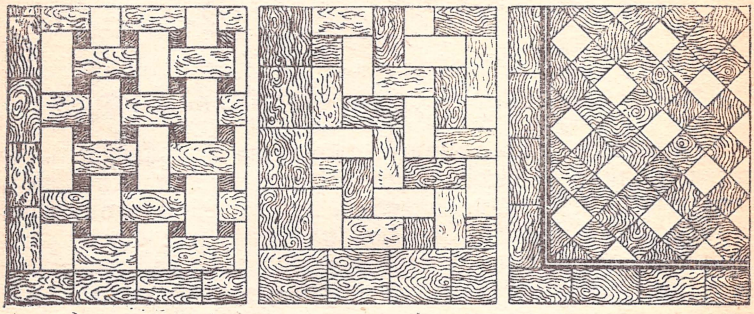

Рис. 29. Декоративные рисунки паркетного пола из пластиков.

Такого рода покрытие пола обладает мягкостью, легко очищается и моется. На него не влияют щелочные и кислые растворы; пыль и сор легко убираются при помощи щеток или пылесосов.

Плитки для пола также можно изготовлять на основе пластических масс из кумароноинденовых смол, применяемых в основном в композициях для настила полов и для производства лаков. Кумарон и инден представляют собою вещества, выделяемые из каменного угля и под влиянием некоторых реагентов переходящие в смолы. Эти смолы смешивают с асбестом, пигментами и другими наполнителями. Полученную массу раскатывают в листы и разрезают на плитки. Обычно изготовляют квадратные плитки размером: 15 × 15 см, 25 × 25 см и 30 × 30 см или прямоугольные 7,5 × 15 см, 15 × 30 см и др. Настил производится по деревянному или бетонному основанию при помощи слоя специальной битумной мастики. Плитки образуют теплый нескользкий пол, мягкий и эластичный при ходьбе.

Облицовка стен может быть произведена различными пластиками и разнообразными способами. Красивый декоративный эффект осуществляется с помощью листов древесины, пропитанных искусственными смолами. Применяя тонкие листы древесины дуба, карельской березы, клена и других декоративных пород и употребляя для пропитки бесцветные карбамидные смолы, удается получать гибкие материалы с блестящей, как бы лакированной, поверхностью, при чем рисунок древесины сохраняется полностью.

Вместо древесины можно использовать прессованную бумагу, пропитанную карбамидными смолами. В результате этого процесса получают листы размером в 1—2 м² с гладкой глянцевитой поверхностью. Для получения чистых окрасок следует применять бумагу, в состав которой введены высокосортные красители, как, например, титановые белила. Таким путем можно получать листы белых цветов, под цвет слоновой кости, также любые другие цвета и оттенки, в зависимости от цвета бумаги. Следует отметить, что из таких же материалов изготовляют различные надписи и таблички, заменяющие медные дощечки. Для этой цели служат „бисквитные" пластики, отличающиеся тем, что их внутренняя часть изготовляется из пропитанной смолой бумаги одного цвета (например, черного), а внешние слои — из пропитанной бумаги другого цвета (например, белого). Спрессованный пакет разрезается на пластины, которые гравируют. При гравировке резцом снимается верхний слой, и на этом месте становится виден внутренний слой, окрашенный в другой цвет. Таким путем можно получить на белом фоне черную надпись или на черном фоне — белую. Можно также прессовать пропитанную смолой бумагу, на которой нанесены соответствующие надписи.

Такого рода таблички не темнеют с течением времени, не изменяют своей окраски и обладают хорошей видимостью. Для усиления видимости надписей и различных знаков в пластик вводят светящиеся в темноте составы постоянного или временного действия. Первые содержат соли радиоактивных элементов и поэтому светятся в темноте неопределенно долгое время. Вторые содержат такие соединения, как, например, сернистый цинк, сернистый кальций и т. п., которые светятся в темноте лишь несколько часов и для восстановления

этой способности требуют повторного освещения в течение нескольких минут.

Стены, облицованные карбамидными пластиками, не задерживают пыли, хорошо моются при помощи мыльной воды и обладают высокими гигиеническими свойствами.

Крепление листов пластика к стенам производится клеящими мастиками или шурупами с потайными головками. Последние заделываются кружками из того же пластика. Швы между отдельными листами почти незаметны. Кроме того, их можно затереть мастикой такого же цвета, каким обладает пластик.

Покрытие стен может быть не только одноцветным; применяя бумагу или ткань с различными рисунками и фигурами, можно получать разнообразные декоративные эффекты. Из бумаги или ткани, напрессованной на бакелизованную фанеру, получается прочный и дешевый пластик.

Фенольные пластики менее пригодны для таких целей, так как их нельзя окрасить в светлые оттенки, вследствие желтой окраски фенольной смолы. Эти виды пластиков применяются в том случае, когда от облицовки не требуются декоративные свойства.

Из аминопластов, кроме больших листов, прессуются плитки размером $10 \times 10$, $15 \times 15$ см и т. д., которые собираются вместе, создавая впечатление отделки изразцами. Такого же типа пластиками можно отделывать лестницы, вестибюли, эскалаторы метро и т. п.

Безусловно большое значение пластики приобретут и уже имеют в качестве заменителей кожи для мебели всех видов. Заменители типа гранитоля, дерматина, клеенки и т. п. обладают меньшей прочностью и недостаточно красивым видом. Поэтому так часто использовалась кожа. Однако она является дефицитным продуктом. Хорошим заменителем кожи является полихлорвиниловый пластикат, нанесенный на ткань. Такой материал носит название текстовинит, винилит и др. Текстовинит изготовляется различных расцветок и тиснений.

В настоящее время этот материал уже успешно применяется в автобусах, троллейбусах и пассажирских железнодорожных вагонах. Несомненно, что в дальнейшем текстовинит найдет себе еще более широкое применение для обивки мебели.

Портьеры, драпри и другие отделочные ткани, обра-

ботанные некоторыми искусственными смолами, не мнутся.

Различного вида украшения и багеты производятся из литых смол или продавливанием размягченной композиции через профильные мундштуки.

Из пластиков изготовляют также вентиляционные решетки и решетки для радиаторов центрального отопления. Материалом для этих изделий служат фенольные или карбамидные пластики. Последние могут получать

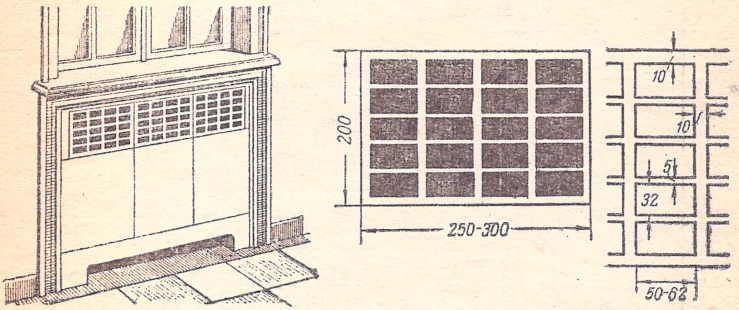


Рис. 30. Каминная решетка и облицовка из пластиков.

светлые тона. Решетки из пластиков легки, прочны и не требуют дополнительной окраски, выгодно отличаясь этим от металлических. На рис. 30 приведен общий вид такой решетки и облицовки из древесных слоистых пластиков.

Широкое применение получили пластики для изготовления дверных приборов (ручки, кнопки) и мебельной фурнитуры (скобы, ключевины, кольца и т. д.). Такого рода приборы прессуются из фенольных или из карбамидных пластиков. Мелкие изделия можно лить под давлением из полистирола, из акриловых смол или из целлюлозных пластиков. Ручки для дверей изготовляются различных конструкций; они могут иметь вид скоб, непосредственно прикрепляемых к дверям, или же снабжаются металлической арматурой. На рис. 31 показаны пустотелые ручки с отдельно прикрепляемыми крышками (рис. 31, *а*, *б*), ручки-фали, представляющие собой металлическую арматуру, обтянутую эластичной пластмассой (рис. 31, *в*), и фаль с арматурой, на которую надета заготовка из пластика (рис 31, *г*).

В последнем случае крепление заготовки производится при помощи фасонной металлической головки, навинчиваемой на арматуру у ее свободного конца.

Из пластиков могут быть выполнены детали санитарно-технического оборудования в большом количестве наименований. Например, можно изготовить части труб домовых водопроводов, фитинги, поплавки смывных бачков, ручки кранов, пробки и пр. Вследствие низкого веса

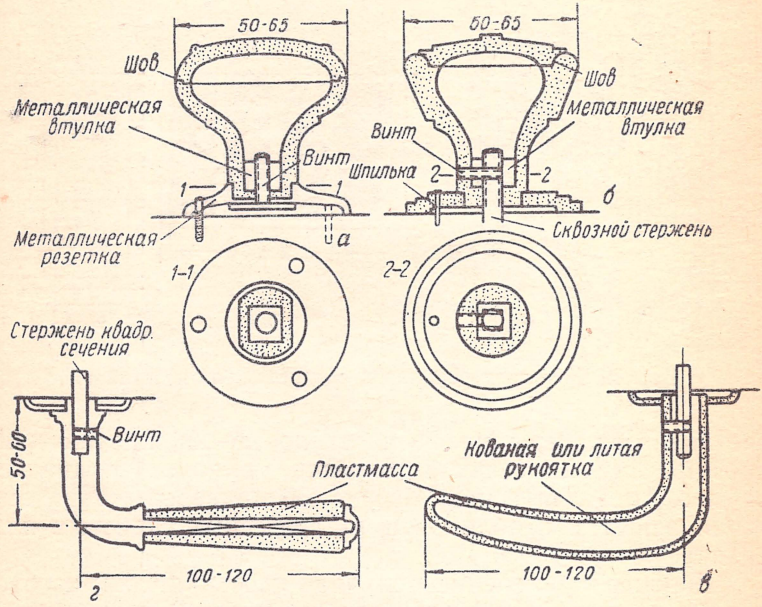


Рис. 31. Дверные ручки из пластиков:

*а* — кнопка, укрепленная „без поворота"; *б* — кнопка, укрепленная „с поворотом"; *в* — фаль со сплошной обтяжкой эластичным пластиком; *г* — фаль с рукояткой из пластика.

пластиков значительно облегчается монтаж сети и сокращается количество необходимых креплений. При использовании эластичных масс устраняется опасность разрыва труб в случае замерзания воды.

Особенно эффективно использование пластиков для замены цветных металлов при изготовлении различных кранов. Материалом кранов служат цветные аминопласты,

имеющие красивый вид и совершенно не подверженные коррозии при воздействии воды (рис. 32).

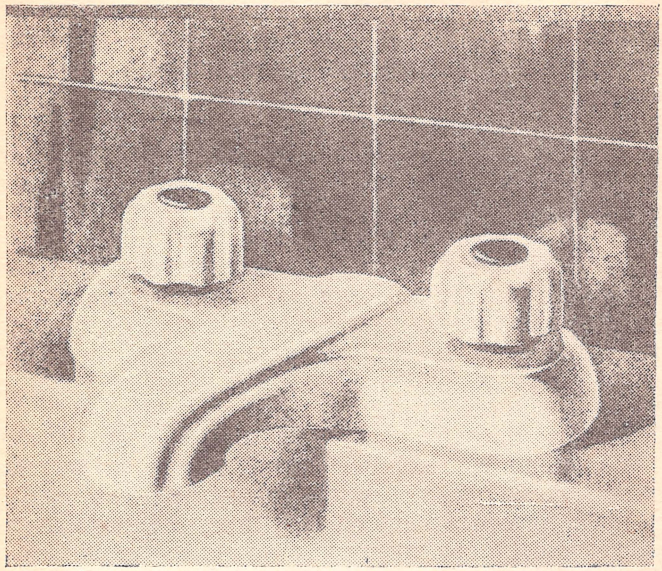

Рис. 32. Кран для воды из пластиков.

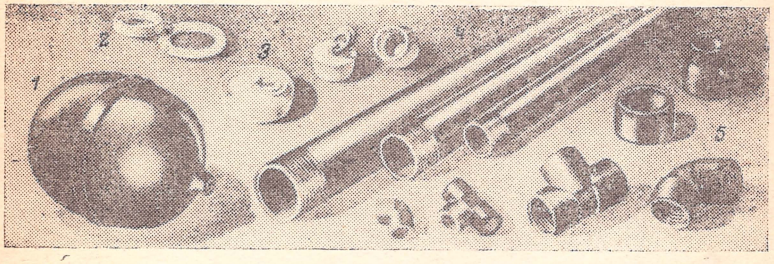


Рис. 33. Детали санитарного оборудования из пластиков.

На рис. 33 изображены: полый поплавок для смывного бачка *1*, изготовленный из водостойких пластиков; прокладочные кольца *2* из эластичных виниловых пластиков;

пробки для сточных отверстий *3*; водопроводные трубы *4* и фитинги *5*.

Применять трубы и фитинги из пластиков вместо черных металлов не всегда экономически выгодно, но безусловно целесообразно применять такие трубопроводы в химических производствах для различных кислых растворов, которые разъедают трубы из черных и цветных металлов.

Сиденья для унитазов также изготовляются из пластиков. Они обладают прекрасными санитарными и гигиеническими свойствами, легко поддаются чистке и не могут являться местами для размножения микроорганизмов. Сиденья обычно выполняются целиком из фенопластов (волокнита) или из аминопластов прессованием в прессфомах. Другим способом изготовления сидений является обтягивание деревянных заготовок тонкими листами из пластика. Швы листов тщательно заделывают во избежание проникновения влаги в дерево. [1]

Из пластиков изготовляются многие детали газовой арматуры, не подвергающиеся непосредственно нагреванию горящим газом. Так, например, проектируется изготовление из фенопластов газовых счетчиков целиком, включая всю внутреннюю арматуру и различные детали газопроводов. Для этих целей необходимо выбирать конденсационные пластики (например, фенопласты), на которые не действуют жидкие продукты, выделяющиеся из газа.

Клеи на основе искусственных смол широко используются в промышленности для получения прочных и водостойких соединений.

Они применяются для склеивания древесины, металлов, пластических масс, тканей и других материалов.

Особо важное значение клеи имеют при склеивании древесины. С их помощью изготовляются балки любой длины и разнообразных сечений, при чем прочность таких клееных балок не уступает прочности балок, изготовленных из цельной древесины.

Как известно, при изготовлении из древесины различных строительных деталей необходимо выбирать сухие заготовки без сучьев, трещин и других дефектов, снижающих прочность деталей. Чем длиннее должна быть

---

[1] Подробнее см. каталог „Пластмассы", Академия архитектуры, 1947.

балка, тем труднее обеспечить высокосортность заготовки. Поэтому и появляется необходимость в соединении нескольких балок по длине при помощи механических замков. Последние снижают прочность конструкции, вследствие чего приходится увеличивать сечение балок. Это, в свою очередь, утяжеляет сооружение и увеличивает его стоимость.

Деревянные конструкции на смоляных клеях обеспечивают легкость и прочность сооружения.

Доски для деревянных конструкций проходят операцию сушки; затем из них собирают балки. Предварительно плоскости досок смазываются клеем. В любом сечении не должно быть более одного стыка. Благодаря такому приему, прочность балки по ее длине получается одинаковой. Длина клееной балки произвольна и зависит лишь от количества взятых досок.

Известные ранее клеи, как-то: столярный, альбуминовый и т. п., были непригодны для склеивания конструкций, так как они обладают слабой водостойкостью.

Клеи на основе искусственных смол дают, как указывалось, очень прочное соединение древесины. Так, например, предел прочности на скалывание дуба, склеенного смоляным клеем, равняется 140—180 кг/см$^2$, при чем скалывание происходит по древесине, а не по клеевому слою. Прочность склеенной древесины после длительного пребывания в воде уменьшается незначительно, главным образом из-за понижения прочности самой древесины, а не клеевой пленки.

Из смоляных клеев наиболее известны: 1) фенолальдегидные клеи; 2) мочевиноальдегидные клеи; 3) меламиновые клеи; 4) резорциновые клеи.

Фенолальдегидные клеи марок ВИАМ Б-3 и ЦНИИПС-2 отличаются тем, что они твердеют при температуре 16—18° и при добавлении специальных веществ образуют прочный слой, связывающий древесину. В случае необходимости со склеиванием объединяют процесс изгиба конструкций. В результате получают изогнутые конструкции, более прочные, чем изготовленные путем выпиливания. Последнее связано с перерезанием слоев и волокон древесины, снижающим прочность конструкций.

Склеивание досок, объединенное с изгибом (рис. 34), выполняется при помощи винтовых струбцин, закрепленных на изогнутом шаблоне. Доказано, что вес клееных

балок составляет лишь 60% веса балок из сплошной древесины при одинаковой их прочности.

Клееные деревянные конструкции имеют еще одно преимущество: путем склеивания можно сочетать дорогие и дешевые породы древесины без понижения прочности. Как показали испытания, введение в зону средней нейтральной оси конструкции до 50—60% материалов

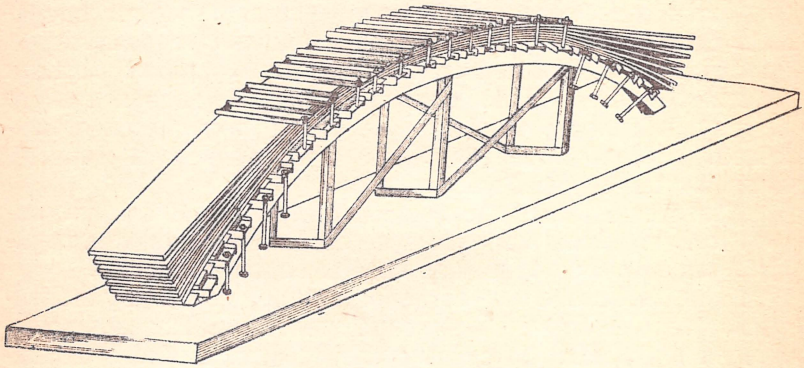

Рис. 34. Приспособление для склеивания деревянной конструкции.

пониженного качества (например, сосны вместо дуба) на прочности практически не сказывается.

Применение смоляных водостойких клеев в производстве деревянных конструкций позволяет создавать легкие арочные фермы больших пролетов, заменяющие стальные и железобетонные.

Использование леса малого сечения, а также с низкой влажностью предупреждает последующее коробление, скручивание и усадку конструкций.

Примером клеенных на смоляном клее конструкций является сооруженный железнодорожный мост эстакадного типа длиною в 175 метров. Величина пролета моста между опорами 4,5 метра. Под каждый рельс укладывались три параллельные балки сечением 230×500 мм при длине каждой балки 9,0 метров. Эти балки склеивались из досок толщиною 25 мм различной длины. Для склеивания применялся фенольный клей. Изготовление балок из досок производилось при помощи винтовых прессов простейшего

типа. Каждая балка перекрывала два пролета, при чем стыки балок размещались „вразбежку“. [1]

Склеиванием изготовляются не только строительные конструкции, но и другие деревянные изделия, например железнодорожные шпалы; благодаря применению фенольных клеев, обладающих антисептическими свойствами, удается значительно понизить гниение шпал даже без их специальной пропитки. Чаще всего используются здоровые куски старых шпал, склеенные при помощи накладок толщиною 80 мм.

Технология склеивания мебели и других деревянных изделий смоляными клеями весьма проста. Работа производится при температуре 16—18° С. Фенолальдегидная смола разбавляется растворителем (ацетоном или спиртом в количестве 10% от веса смолы) для понижения вязкости. Введение катализатора обеспечивает отверждение смолы при низких температурах. Для этой цели берут обычно так называемый „контакт Петрова“, или „керосиновый контакт“, представляющий собою нефтяной продукт, обработанный серной кислотой. Контакт добавляется в количестве 18—20% от веса смолы. Этот катализатор был разработан советским ученым, профессором Г. С. Петровым.

После тщательного перемешивания всех указанных составных частей клей готов и должен быть использован в течение 3—4 часов, так как при долгом стоянии его вязкость повышается и он может затвердеть в клеянке.

Клеевым раствором покрывают сопрягаемые поверхности и после кратковременной выдержки соединяют их. В целях обеспечения высокой прочности склеенные детали сжимаются давлением в 2—3 кг/см$^2$. Последнее осуществляют струбцинами, винтовыми или гидравлическими прессами, при помощи забивания клиньев и т. п.

В сжатом состоянии детали выдерживают 10—20 часов, после чего процесс склеивания заканчивается.

Так как повышение температуры значительно ускоряет процесс склеивания, то в настоящее время применяют нагрев деталей токами высокой частоты.

Применяя прочные смоляные клеи, из древесного шпона изготовляют без заклепок и других крепежных деталей фюзеляжи, крылья, рули и т. п.

[1] Подробнее см. „Строительные конструкции промышленных сооружений“, Стройиздат, 1946.

В последние годы в качестве связующей среды начали применять аллиловые искусственные смолы. Они образуются из аллилового спирта и дикарбоновых кислот в результате полимеризации мономера в присутствии катализаторов (перекиси бензоила и др.). Мономер представляет собою маловязкую жидкость, поэтому он не требует применения растворителей и очень хорошо пропитывает такие материалы как ткань, дерево, стеклянное волокно, бумагу и т. п.

При нагревании в присутствии катализаторов, мономер загустевает и вязкость его постепенно нарастает. Во время дальнейшего нагревания жидкость затвердевает, превращаясь в прочный, прозрачный, неплавкий материал.

Так как переход в твердую смолу в результате процесса полимеризации протекает без выделения воды, аммиака или других побочных продуктов, то это облегчает переработку материалов, пропитанных мономером, т. е. для нее не требуется применения высоких давлений.

Процесс полимеризации происходит при температуре от 70 до 115° С.

При этом аллиловая смола испытывает усадку, доходящую до 14% от исходного объема, что следует учитывать при конструировании деталей.

Аллиловые смолы и пластики на их основе носят название „аллимеры".

Используя фенолальдегидные, карбамидные, аллиловые или другие искусственные смолы и обрабатывая ими древесный шпон или ткань на основе растительного и стеклянного волокна, получают весьма прочные „скорлупные" конструкции.

Процесс изготовления таких „скорлупных" конструкций заключается в следующем: полосы материала *4*, пропитанные смолами, набираются в несколько слоев на шаблон *1* (рис. 35), состоящий из брусков *2*. Отдельные секции шаблона снабжены отверстиями *3* для отсасывания воздуха. Шаблон с набранным материалом обтягивают резиновой рубашкой *5*,[1] предварительно свернутой в рулон *7*, и помещают в котел-автоклав *8*. Давление в последнем создается при помощи сжатого воздуха, пара или воды. Обычно это давление не превышает 5 кг/см². Разность давления снаружи и внутри шаблона обеспечивает хоро-

[1] Для закрепления рубашки служит накладка *6*.

шее спрессовывание и склеивание скорлупной конструкции. Этот метод называется „контактным прессованием". Для

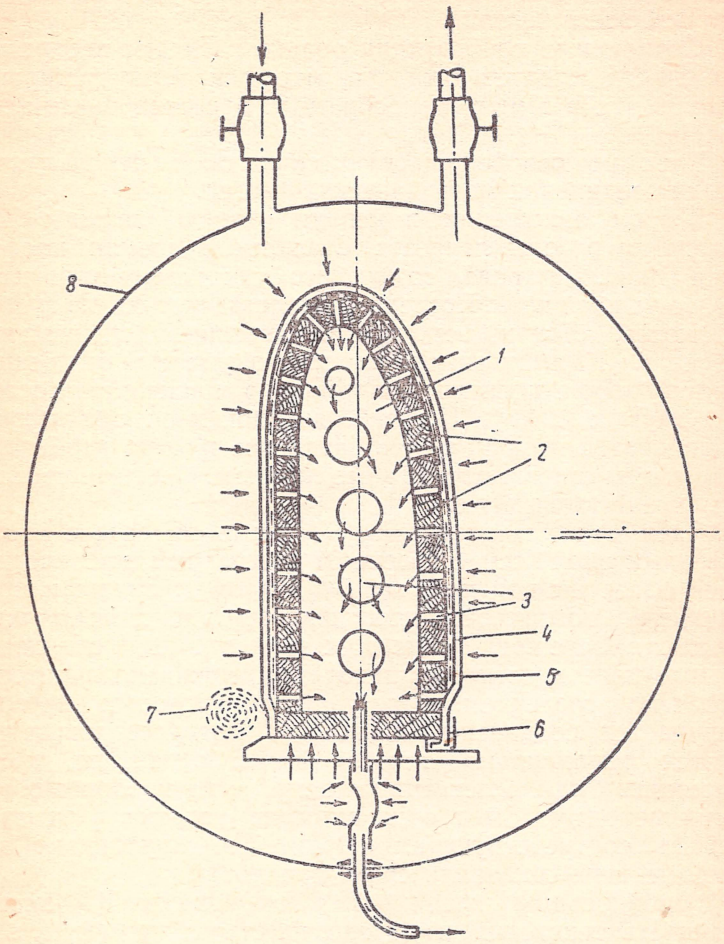


Рис. 35. Схема изготовления скорлупной конструкции.

ускорения процесса склеивания скорлупа может нагреваться при помощи пара или электроэлементов.

Таким же путем изготовляют шлюпки и другие мелкие суда рыболовного и спортивного назначения.

Конструкции, изготовленные рассмотренным способом, носят название „скорлупных" потому, что из шпона первоначально изготовляют как бы скорлупу, являющуюся основой всего изделия.

Скорлупные конструкции только начинают внедряться в технику; следует ожидать, что они найдут широкое применение в самых разнообразных отраслях промышленности.

Клеи на основе синтетических смол используются и для соединения металлических частей.

В этом отношении в первую очередь должны быть отмечены работы лауреата Сталинской премии профессора И. Н. Назарова, создавшего так называемый карбинольный клей. Последний представляет собою густую жидкость, отверждающуюся добавлением специальных веществ. Карбинольным клеем покрывают очищенные металлические поверхности и плотно прижимают последние друг к другу. По отверждении клея они прочно соединяются между собой. Наиболее прочно карбинольным клеем склеиваются черные металлы. Цветные металлы им склеиваются хуже.

Клеи для металлов, разработанные на основе искусственных смол Государственным институтом пластических масс, известны под марками БФ-2 и БФ-4. Этими клеями смазывают поверхность металла, затем высушивают и нагревают. После повторения всех этих операций обе склеиваемые поверхности соединяют и выдерживают некоторое время под давлением. В результате описанных операций получается соединение, прочность которого иллюстрируется результатами такого опыта: отдельные куски алюминия были склеены в виде листа, из которого обычными методами была отштампована тарелка. При этом металл соответствующим образом вытянулся, но все клеевые швы сохранили свою прочность.

Карбинольным клеем или клеями марок БФ можно склеивать текстолит и другие пластические массы, эбонит, фибру и тому подобные твердые неметаллические материалы.

Древесные слоистые пластики лучше склеивать при помощи фенольных клеев типа ВИАМ Б-3, используемых при склеивании древесины.

Легковесные пористые пластики (или, как их называют, поропласты или пенопласты) обла-

дают многими качествами, которые обеспечивают их широкое применение в народном хозяйстве.

Пористые пластики изготовляют из тех же материалов, из которых производят твердые прочные прессовочные материалы, но только метод получения пористых пластиков отличается некоторыми особенностями.

Пористые пластики изготовляют из фенолальдегидных и карбамидных смол, из полихлорвинила, полистирола, из других полимеризационных пластиков, а также из эфиров целлюлозы.

Особенностью производства этих легковесных материалов является создание „замкнутой" пористости внутри массы пластика. Благодаря пористости, пластик при том же весе занимает несравненно больший объем, вследствие чего вес единицы объема понижается.

Если поры пластика не будут замкнутыми, он будет представлять собою губку, жадно впитывающую воду.

Существует несколько способов изготовления пористых пластиков, из которых главными являются следующие:

1) пластик, в виде жидкой массы, вспенивается путем механического перемешивания и при этом отверждается. Твердая вспененная масса сохраняет пористую структуру;

2) тестообразный пластик вспенивается под влиянием специальных веществ — порофоров;

3) газ растворяется под давлением в мягком пластике. Затем давление снимается, газ расширяется и образует поры в массе;

4) волокнистый рыхлый компонент связывается пластиком, в результате чего получается легковесный материал;

5) пластики в виде пленок или листов гофрируют на специальных вальцах и склеивают, получая таким образом слоистый материал с большими воздушными прослойками. Изготовленный описанным путем материал обладает легкостью и высокими теплоизоляционными свойствами.

Благодаря большому количеству исходных пластиков и разнообразию методов переработки, можно получать материалы, имеющие разнообразные свойства. Одни из них обладают твердостью и прочностью, другие — эластичны и мягки. Вес такого рода пластиков колеблется от 250 до 25 кг/м$^3$. При необходимости может быть изготовлен

пластик весом до 15 кг/м³. Не лишне напомнить, что вес пробки, т. е. наиболее легкого из известных материалов, составляет 200—250 кг/м³.

Физико-механические показатели легковесных пластиков приведены в табл. 23.

Таблица 23

**Физико-механические показатели легковесных пластиков**

| Показатель | Наименование пластика | | |
|---|---|---|---|
| | полистирол | фенопласт | полихлорвинил |
| Вес, в кг/м³ . . . . . | 24—112 | 32—160 | 90—320 |
| Наибольшая рабочая температура, в °С . . . . . | 80 | 150—160 | 65 |
| Предел прочности при сжатии, в кг/см² . . . . | 2—14 | 0,7—7 | Материал эластичен |
| Предел прочности при растяжении, в кг/см² . . | 2,5—24 | 0,35—5,6 | 1,5—30 |

Из мочевиноальдегидных смол в отечественной промышленности производится пористый материал, известный под названием м и п о р а. Последний изготовляют из жидкой смолы механическим сбиванием ее в густую пену, которая выливается в формы и выдерживается в них до полного отверждения.

Мипора представляет собою рыхлый пористый материал белоснежного цвета, который легко режется ножом. Вес мипоры — 15—35 кг/м³.

Мипора обладает высокими звукоизоляционными и теплоизоляционными свойствами. Как и все другие пористые пластики, она не поддается гниению. Мипора, а также фенольные и полихлорвиниловые легковесные пластики не горят. Полистироловые и некоторые другие полимеризационные пластики сгораемы.

Пластины из легковесных пластиков можно применять как заполнитель для перегородок, перекрытий и пустотелых каркасных дверей.

Размеры пластин мипоры могут быть любыми и зависят от размеров форм, в которые выливают вспененную смолу.

Теплопроводность мипоры и других теплоизоляционных материалов легко сравнить по данным табл. 24.

Таблица 24

**Коэффициенты теплопроводности мипоры и некоторых других материалов**

| Наименование материала | Коэффициент теплопроводности, в кал/м·час на 1° С |
|---|---|
| Шлаковое волокно . . . | 0,073 |
| Стеклянное волокно . . | 0,034 |
| Пробка в пластинах . . | 0,038 |
| Мипора . . . . . | 0,025 |

На рис. 36 показана деталь внутренней перегородки с применением термоизоляционного и звукоизоляционного материала мипора.

Недостатком мипоры является некоторая ее хрупкость. Поэтому в тех случаях, когда при эксплоатации материал подвергается сотрясениям и ударам, лучше использовать эластичный пластик, изготовляемый, например, на основе полихлорвиниловых смол с применением пластификаторов.

Эластичные пористые пластики напоминают собою резиновую губку, но только не имеют открытых пор и поэтому не поглощают влагу.

Пористые пластики должны найти себе широкое применение как тепло- и звукоизоляция в строительном деле, авиастроении и судостроении. Легковесные пластики применяются также для изготовления буев и поплавков, перегородок, панелей для сборных домов, фасонных деталей и т. д.

Пористый полистирол хотя и обладает горючестью, но вследствие высоких электроизоляционных свойств начинает использоваться в электропромышленности.

Легковесные пластики часто применяются в сочетании с твердыми пластическими материалами нормального веса. Обычно внутренней частью плиты служит пористый материал, а внешние стенки изготовляются из листов текстолита. Сначала происходит формовка слоистых стенок, а затем их соединяют с отвержденной пеной. Внутреннюю часть плиты можно заполнять материалами сортовой

или трубчатой структуры, которые изготовляют, склеивая между собой соответствующим образом гофрированные

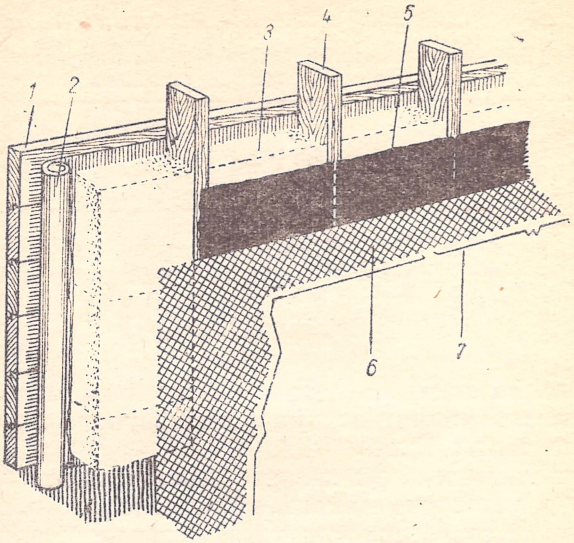


Рис. 36. Монтажная схема перегородки из мипоры:
*1* — наружная обшивка; *2* — прокладка бумагой; *3* — изолирующий материал — мипора; *4* — стойка каркаса; *5* — пароизоляция; *6* — металлическая сетка; 7 — штукатурка.

тонкие пленки из ацетилцеллюлозы или из других эластичных пластиков.

Подобные конструкции легки и в то же время весьма прочны. Они получают распространение при постройке самолетов и других транспортных средств.

## Состав, методы переработки и области применения пластических масс

| Наименование | Составные части | Методы переработки [1] | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| **Фенопласты** | | | |
| Прессовочные порошки типа К-18-2, К-21-22, монолит и др. | Фенолальдегидная искусственная смола (бакелит или новолак), древесная мука и др. | А, В (очень редко), Г, Д, И | Скобяные изделия, детали телефонов, телеграфов, сигнализации, блокировки, электроустановок (штепсели, выключатели и т. п.), бритвенные приборы, пепельницы |
| Волокнистые прессовочные материалы (волокнит) | Фенолальдегидная искусственная смола (бакелит или новолак), отходы хлопка и др. | Те же | То же, но в случаях, когда от деталей требуется повышенная механическая прочность, как например, ролики эскалаторов и др. |
| Массы К-6, К-6-б | Фенолальдегидная искусственная смола (бакелит), асбест и др. | А, Б, В (редко), Г | Изделия, требующие повышенной теплостойкости |
| Масса КФ-3 | Фенолальдегидная искусственная смола (бакелит), асбест, минеральный наполнитель | А, В | Тормозные колодки и другие фрикционные детали (для вагонов метро, самолетов и т. п). |
| Фаолит, хавег (асборезол) | Фенолальдегидная искусственная смола и асбест и др. (формовочная масса) | В | Детали химической аппаратуры, трубопроводы, части насосов и др. Антикоррозийная футеровка хранилищ и аппаратов химической промышленности |

[1] Условные обозначения см. в конце приложения.

| Наименование | Составные части | Методы переработки | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| Текстолитовая крошка | Обрезки ткани, пропитанные фенолальдегидной смолой (бакелитом) | А, Б | Различные технические детали (рукоятки инструментов, колодки, вкладыши подшипников и др.) |
| Крошка древесины слоистых пластиков | Обрезки древесного шпона, пропитанного фенолальдегидной смолой | А, Б | Различные технические детали |
| Текстолит | Хлопчатобумажная ткань, пропитанная фенолальдегидной смолой (бакелитом) | А, Б, Е, К | Шестерни, вкладыши подшипников и другие детали для высоких механических нагрузок |
| Стеклотекстолит | Ткань из стеклянных волокон, обработанных фенолальдегидной смолой | А, Б, Е, К | Детали машин и механизмов, требующие повышенной теплостойкости и механической прочности |
| Асботекстолит | Ткань из асбестовых волокон, обработанных фенолальдегидной смолой | А, Б, Е | То же, для тормозов и др. фрикционных деталей (тормозные колодки и др.) |
| Гетинакс (бумолит) | Бумага, пропитанная фенолальдегидной смолой | А, Б, Е | Доски для распределительных щитов, цилиндры для трансформаторов (получаются методом наметки) и др. электроаппаратов и приборов |
| Неоконденсит | То же, но пропитывают бумажное волокно, которое затем отливается в листы | А, Б, Е | То же |
| Бакелитовая фанера | Древесный шпон, проклеенный при помощи фенолальдегидной смолы (бакелита) | Е и затем М | Строительный материал, облицовка стен, дверей, строительные щиты и т. д. |

| Наименование | Составные части | Методы переработки | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| Бакелизированная фанера | Древесный шпон, проклеенный и частично пропитанный фенолальдегидной смолой (бакелитом) | Е и затем М | Строительный материал, более водостойкий, чем из бакелитовой фанеры |
| Дельта-древесина (древесный слоистый пластик, марка „В“) | Древесный шпон, проклеенный и пропитанный фенолальдегидной смолой (бакелитом) и прессованный 10 слоев вдоль и 1 слой поперек | Е и затем М | Строительный и конструкционный материал, переборки, перекрытия и т. д. |
| Лигнофоль (древесный слоистый пластик, марка „С“) | Древесный шпон, проклеенный и пропитанный фенолальдегидной смолой (бакелитом). Метод укладки слоев — перекрестный | Е и затем М | Строительный и конструкционный материал. Применяется для изготовления подшипников и др. антифрикционных деталей |
| Литая смола (неолейкорит, криталлит, карболит и др.) | Фенолальдегидная смола, краситель и пр. | М | Галантерея, украшения, бусы, искусственный янтарь, мундштуки и пр. Детали машин для исследования напряжений в поляризованном свете |
| Пластическая древесина, скорлупные конструкции | Полосы древесины (шпона), проклеенные при сборке фенолальдегидным или карбамидным клеями | К | Самолетные и судовые конструкции (как то: плоскости, фюзеляж, корпусы мелких судов и т. д.) |
| **Аминопласты** | | | |
| Прессовочный анилиноформальдегидный порошок | Анилиноформальдегидная смола, древесная мука, минеральный наполнитель и др. | А, Г | Электроизоляционные детали с высокими диэлектрическими показателями |

| Наименование | Составные части | Методы переработки | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| Прессовочный карбамидный порошок | Мочевиноальдегидная (карбамидная) смола, целлюлоза, краситель и др. Вместо мочевины можно взять меламин, дициандиамид и др. | А, Г, И | Главным образом изделия бытового назначения: посуда столовая и чайная, подставки, стаканы, настольные лампы, абажуры, отделка дверей и т. п. |
| Слоистый аминопласт (текстолит) | Хлопчатобумажная ткань, пропитанная карбамидной смолой. Вместо ткани может быть взята бумага | Е | Облицовочный и декоративный цветной материал для стен, переборок и т. п. |
| Алкидные пластики | | | |
| Глифталевые прессмассы | Глифталевая смола, наполнитель | А, Г | Электроизоляционные детали |
| Эфироцеллюлозные пластики | | | |
| Целлулоид | Нитроцеллюлоза, камфора, краситель и др. | Б, Ж, З | Галантерея, гребни, зубные щетки, игрушки и пр. Кинофотопленки, ручки слесарных инструментов и др. |
| Целлон | Ацетилцеллюлоза, пластификатор, краситель | Б, Д, З, Ж | Различные мелкие изделия, невоспламеняющаяся кинофотопленка |
| Этрол НС | Нитроцеллюлоза, гипс, пластификатор, очесы хлопка и др. | Б | Детали телефонии и др. мелкие изделия |

| Наименование | Составные части | Методы переработки | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| Этрол АС | Ацетилцеллюлоза или этилцеллюлоза, пластификатор, краситель, наполнитель (каолин) и др. | Д, Б, З | Различные мелкие галантерейные изделия, гребни, мелкие технические изделия и т. п. |
| Бензилцеллюлозная масса | Бензилцеллюлоза, пластификатор и др. | З | Оболочка и изоляция электрического кабеля |
| Этилцеллюлозная масса | Этилцеллюлоза, пластификатор | Б, Д, Ж | Хладостойкие изделия и пленки |
| Полимеризационные пластики | | | |
| Полихлорвинил-пластикат (коросил, винилит). Полихлорвинил на ткани — текстовинит | Полимеризованный хлористый винил, пластификатор, краситель | З, Б, Д, Н | Различные мелкие изделия, трубы, пояса (замена кожи), обивочный мебельный материал, линолеум и др.; может быть изготовлен различного типа — от мягкого кожеподобного до твердого рогового |
| Сополимер (игелит, миполам, джеен и др.) | Полимеризованная смесь хлорвинила и винилацетата, пластификатор, краситель | З, Б, Д, Н | Кожеподобные изделия, изоляция и оболочка проводов и кабелей |
| Поливинилиденхлорид (саран) | Полимеризованный хлористый винилиден, в чистом виде или в смеси с хлорвинилом, пластификатор, краситель и др. | Д, З, Б, Н | Мелкие детали бытового и технического назначения. Детали химической аппаратуры |
| Формвар | Ацеталь поливинилового спирта и формальдегида | З | Изоляция проводов, кабелей и электрических машин |

| Наименование | Составные части | Методы переработки | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| Альвар | Ацеталь поливинилового спирта и ацетальдегида | З, Д | Мелкие изделия |
| Бутвар | Ацеталь поливинилового спирта и масляного альдегида | К | Безосколочное стекло. Клеи и клеящие мастики |
| Полистирол (кролитул и др.) | Полимеризованный стирол, краситель и др. | Д, З, Б | Электроизоляционные и радиотехнические детали. Литьем под давлением изготовляют мелкие окрашенные или прозрачные галантерейные изделия (пуговицы, украшения), а также детали приборов, авторучки и пр. |
| Органическое стекло (плексиглас), литое и прессованное (из прессовочного порошка) | Полимеризованный метиловый эфир метакриловой кислоты и другие производные акриловых кислот | Б, Д, Ж, Л, М, Н | В листах, толщиной от 1 до 30 мм, в качестве заменитля стекол в авиации, судах, автомобилях и др. Литьем смеси мономера и полимера изготовляют зубные протезы. Прессованием в прессформах получают детали ширпотреба (вазы, коробки и пр.) |
| Аллимеры (эллиловые пластики) | Аллиловые термореактивные смолы в чистом виде или со слоистым наполнителем | Л, К, Е | Прозрачные стекла, слоистые изделия, плиты, конструкционные детали |
| Углеводороды | | | |
| Политен | Полимеризованный этилен в чистом виде | З, Н, Ж | Изоляция проводов и кабелей; |

| Наименование | Составные части | Методы переработки | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| | или в смеси со смолами, восками и др. | | трубопроводы, детали арматуры и различные мелкие изделия для приборов и аппаратов |
| Политетрафторэтилен | Полимеризованный тетрафторэтилен | Д, З, В | Теплостойкие технические детали |
| Полибутен | Полимеризованный изобутилен в чистом виде или в смеси с другими углеводородами | З, Ж | Трубопроводы, химическая аппаратура |
| Полиамидные пластики | | | |
| Найлон, капрон | Двуосновные кислоты, диамиды, аминокислоты и др., как например, гексаметилендиамин и адипиновая кислота | Д, З | Мелкие изделия. Искусственное волокно |
| Белковые пластики | | | |
| Галалит | Молочный или соевый казеин, краситель и т. д. с последующим дублением формалином | М | Пуговицы и другие галантерейные изделия |
| Альбуминовый прессовочный порошок | Кровяной альбумин | А, Б | Пуговицы и другие галантерейные изделия |
| Асфальтопековые массы | | | |
| Асфальтопековая прессовочная масса | Каменноугольный пек, нефтяные битумы, асфальтины и др., наполн- | Б, З | Аккумуляторные баки и т. п., трубопроводы |

Продолжение

| Наименование | Составные части | Методы переработки | Примеры использования |
|---|---|---|---|
| | нитель (отходы хлопка), асбест, кизельгур и др. | | |
| Асбопекорезит | Пек каменноугольный, битум, резоловая смола, асбест и др., отлитые в виде листов | Е | Распределительные щиты электроустановок |

Условные обозначения методов переработки

А — горячее прессование в прессформах без охлаждения;
Б — горячее прессование в прессформах с последующим охлаждением в них изделий под давлением;
В — холодное прессование или формование с последующим отверждением изделий без форм в термостатах;
Г — пресслитье с закладыванием в форму для каждого изделия порции массы;
Д — литье под давлением на машинах-автоматах с закладыванием в бункер машины порций пластика единовременно на значительное количество изделий;
Е — прессование между плитами пресса (получение листов, плит, досок и др.) или в прессформах с последующим охлаждением;
Ж — прессование с применением дутья паром и воздухом (прессдутье);
З — прессование выдавливанием через мундштук;
И — непрерывное прессование термореактивных масс продавливанием плунжером пресса через форму;
К — прессование (склеивание) при низких удельных давлениях при помощи гидравлических, пневматических или механических устройств;
Л — литье без давления в формы, с последующим отверждением в них с помощью термической обработки, катализаторов и т. п.;
М — механическая обработка заготовок резанием;
Н — сваривание отдельных листов.

Приложение II

## КРАТКИЙ СЛОВАРЬ

### специальных терминов, названий пластиков и химических веществ

Акрилаты (полиакрилаты) — Полимеризованные эфиры и другие соединения акриловой и метакриловой кислот. Пластические массы. Полимеризованный метиловый эфир метакриловой кислоты известен под названиями „органическое стекло", „плексиглас" и др.

Алкидные смолы — Искусственные смолы, применяемые для изготовления пластиков. Наиболее известна смола глифталь, получаемая при взаимодействии фталевого ангидрида и глицерина.

Альбуминные пластики — Изготовляются на основе крови животных.

Альдегиды — Химические соединения, являющиеся сырьем для изготовления пластиков. Наиболее известны: формальдегид, масляный альдегид и др. При их взаимодействии с фенолом получаются фенопласты (бакелит).

Альбертоль (искусственный копал) — Искусственная смола из группы фенопластов. Применяется в качестве заменителя импортного копала для изготовления масляных лаков.

Аминопласты (карбамидные пластики) — Пластические массы, изготовляемые из мочевинных, тиомочевинных, меламиновых и других искусственных смол.

Анилиновые пластики — Принадлежат к группе аминопластов. Получаются из анилина и формальдегида.

Асбобакелит — Фенопласт с асбестом в качестве наполнителя.

Асфальтопековые пластики — Пластические массы черного цвета, изготовляемые из асфальта, битумов, пеков и т. п. отходов каменноугольной смолы и нефти, смешанных с наполнителями.

Ацетилцеллюлоза — Уксусный эфир целлюлозы. Применяется для изготовления пластиков (целлон) и лаков.

Бакелит — Условное название фенопластов, обладающих способностью переходить при нагревании в неплавкое состояние.

Бакелизация — Переход термореактивных фенопластов в неплавкое и в нерастворимое состояние, т. е. в стадию резита (стадия „С").

Белковые пластики — Пластики на основе животных (напр.,

молочного казеина) или растительных белков. К их числу относятся: галалит, альбуминные пластики и др.

Битумные пластики — См. Асфальтопековые массы.

Бутвар (бутираль) — Условное название пластика на основе поливинилового спирта, обработанного масляным альдегидом. Применяется в виде пленок для склеивания стекол в производстве безосколочного стекла.

Виниловые пластики — Получаются путем полимеризации виниловых соединений. В результате образуются виниловые смолы, смешивая которые с пластификаторами получают пластики различных свойств. К их числу относятся: полихлорвинил, поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливиниловые эфиры и др.

Галалит — Условное название белкового пластика на основе молочного казеина.

Гекса, или гексаметилентетрамин — Ускоритель бакелизации фенопластов. Применяется для перевода новолачных фенопластов в резольные. Белый порошок. В медицине называется уротропин.

Гетинакс — Слоистый фенопласт из прессованной бумаги, пропитанной фенолальдегидной смолой (бакелитом).

Глифталь, или глипталь — Условное название алкидного пластика из глицерина и фталевого ангидрида.

Дельта древесина — Слоистый фенопласт из пропитанного бакелитом древесного шпона, отпрессованного таким образом, чтобы десять листов имели параллельное направление волокон, а каждый одиннадцатый лист имел направление им перпендикулярное.

Диамины — Химические вещества, содержащие азот, применяемые для производства полиамидных пластиков.

Дибутилфталат — Пластификатор. Маслянистая прозрачная жидкость. Эфир бутилового спирта и фталевой кислоты.

Идитол — Условное название фенопласта, обладающего постоянно плавкими свойствами (новолачная смола).

Камфора — Пластификатор, применяемый в производстве целлулоида.

Карбамидные пластики — См. Аминопласты.

Карболит, карболитовые прессовочные порошки — Условное название фенопластов, главным образом прессовочных порошков и литых смол.

Катализатор — Вещество, ускоряющее химические реакции, но не принимающее в них непосредственного участия.

Каучук — Упругое вещество, выделяемое из сока тропических растений или из травянистых растений, произрастающих в СССР (кок-сагыз, тау-сагыз и др.). Называется — натуральный каучук „НК". Синтетическим каучуком („СК") называется вещество, получаемое искусственным путем из спирта или из ацетилена.

Крезол — Заменитель фенола в производстве фенопластов. Бурая жидкость с характерным запахом.

Кремнийорганические пластики — Получаются на основе полимеризованных органических соединений кремневой кислоты. Условно называются „силиконы" и „силаны".

Конденсация (конденсационная полимеризация) — Процесс образования сложного вещества из более простых веществ, сопровождающийся выделением побочных продуктов. Напр., в результате конденсации фенола и формальдегида получаются бакелитовые смолы (фенопласты) и выделяется вода.

Канифоль — Природная смола, получаемая из сока хвойных растений. Применяется в производстве некоторых пластиков и в лаковом деле. Другое название — гарпиус.

Лигностон — Древесина, пропитанная специальными составами и прессованная. Обладает высокой прочностью.

Лигнофоль — Слоистый фенопласт из прессованного древесного шпона, пропитанного бакелитом.

Миполам — Условное название полихлорвинилового пластика или сополимера хлорвинила и винилацетата.

Мономер — Первоначальное вещество, уплотнением молекул которого получают более сложное вещество, называемое полимер. Так, например, мономер хлорвинила полимеризуется в полимер — полихлорвинил.

Мочевиноальдегидные смолы и пластики. См. Аминопласты.

Мука древесная — Тонко измельченная древесина, применяемая как наполнитель в производстве пластических масс, в частности фенопластов.

Найлон — Условное название полиамидного пластика.

Наполнители — Материалы, применяемые в производстве пластиков для их удешевления и придания механической прочности. Наиболее часто в качестве наполнителей используют древесную муку, хлопковое и асбестовое волокно и минеральные порошки.

Неолейкорит — Фенопласт. Литая смола белого цвета или окрашенная в различные цвета. Применяется как поделочный материал.

Нитроцеллюлоза — Эфир целлюлозы, применяемый в производстве целлулоида.

Новолак (новолачная смола) — Тип фенопласта, обладающий постояннoплавкими свойствами.

Пластикат — Условное название пластика — полихлорвинила, смешанного с пластификатором. Гибкий, эластичный листовой материал.

Пластификаторы — Вещества, придающие пластичность и гибкость пластикам. Наиболее известны: касторовое масло, дибутилфталат, трикрезилфосфат, камфора и др.

Плексиглас — Условное название пластика акрилата.

Полиамидные пластики — Получаются конденсацией диаминов и многоосновных кислот. Применяются для литья под давлением и для производства искусственного волокна.

Полибутен (полиизобутилен) — Условное название пластика, полимеризованного изобутилена. Применяется как заменитель каучука.

Полимер — Продукт уплотнения более простого вещества — мономера. Напр., жидкость (мономер) стирол, уплотняясь, переходит в полимер — полистирол, представляющий собою твердый пластик.

Политен (полиэтилен) — Пластик — полимеризованный этилен. Применяется в производстве электрических кабелей.

Полихлорвинил — Пластик на основе полимеризованного хлорвинила. Принадлежит к группе виниловых пластических масс.

Резина — Материал, представляющий собою каучук, смешанный с серой, а также с различными наполняющими и усиливающими веществами и нагретый в целях связывания серы (вулканизация). Обладает высокой эластичностью.

Резол (резитол, резит) — Различные стадии перехода фенопластов. Сначала фенопласт (бакелит) существует в виде резола (стадия „А"), который может плавиться и растворяться. Затем при нагревании фенопласт переходит в резинообразную стадию резитола (стадия „В"), а затем в конечную стадию резита (стадия „С"). В этом состоянии резит не плавится и не растворяется.

Совтол — хладостойкий пластификатор. Смесь совола с трихлорбензином.

Совенит — Условное название прессовочного пластика на основе анилиновых смол.

Совол — Пластификатор. Жидкость, получаемая хлорированием дифенила.

Силиконы, силаны — Условное название кремнийорганических пластиков.

Слоистые пластики — Пластики, наполнитель которых расположен в виде слоев, напр., ткань, бумага, древесный шпон и др. К этой группе пластиков принадлежат: текстолит, гетинакс, лигнофоль.

Смолы — Некристаллические вещества сложной химической структуры, применяемые в производстве пластиков. Смолы бывают природные (шеллак, копал) и искусственные (бакелит, карбамидные и др.).

Сополимер — Пластик, получаемый совместной полимеризацией двух веществ, напр., полимеризацией смеси хлорвинила и винилацетата.

Стирол — Вещество (мономер), которое переводят в полимер — полистирол. Последний — пластик, обладающий высокими диэлектрическими свойствами. Пластик условно называется: тролитул, стирофлекс.

Текстолит — Слоистый пластик на основе ткани, пропитанной искусственными смолами и прессованной.

Текстовинит — Ткань, покрытая с одной стороны полихлорвинилом. Применяется как заменитель кожи.

Термопласты — Пластики, приобретающие пластичность при повышении температуры.

Термореактивные пластики (реактопласты) — Пластики, переходящие при нагревании в другое видоизменение, в котором они теряют способность плавиться и растворяться в растворителях.

Тефлон — Условное название пластика политетрафторэтилена.

Фаолит — Фенопласт формовочный из фенолальдегидной смолы и асбеста. Другое название — хавег. Применяется в химическом машиностроении.

Фенол — Исходное вещество для получения фенопластов. Белое

или красноватое кристаллическое вещество с характерным запахом карболовой кислоты.

Фенопласты (фенолальдегидные смолы) — Пластики на основе искусственных смол, получаемых при взаимодействии фенола и формальдегида. Техническое название — бакелит, карболит и др. Слоистые фенопласты называются: текстолит, гетинакс, лигнофоль.

Фибра — Бумага, обработанная хлористым цинком. Изготовляется в виде картона, палок и трубок.

Формальдегид — Вещество (альдегид), применяемое для производства фенопластов. Используется в виде водного раствора — формалина,

Формаль — Условное название пластика на основе поливинилового спирта, обработанного формальдегидом (ацеталь поливинилового спирта).

Целлон — Пластик из ацетилцеллюлозы.

Целлофан — Прозрачная тонкая пленка из целлюлозы.

Целлюлоза (клетчатка) — Вещество, входящее в состав древесины. С кислотами и спиртами образует соединения, называемые эфирами. Хлопок почти целиком состоит из целлюлозы.

Целлулоид — Пластик из нитроцеллюлозы и камфоры.

Эбонит — Твердая резина, получается из каучука, смешанного с большим количеством серы.

Эластомеры — Каучукоподобные пластики, напр., полиизобутилен.

Этрол — Пластик из эфиров целлюлозы, смешанных с наполнителями и пластификаторами.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие . . . . . 3
Введение . . . . . 5

*Глава I.* СОСТАВ И СВОЙСТВА ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС . . 9

1. Структура пластических масс . . . . . —
2. Фенопласты . . . . . 12
3. Аминопласты, алкидные, полиамидные и кремнийорганические смолы . . . . . 17
4. Виниловые пластики . . . . . 22
5. Акрилаты, полистирол, поливинилкарбазол и аллиловые пластики . . . . . 28
6. Полимеризованные углеводороды . . . . . 30
7. Пластики на основе эфиров целлюлозы, белков и битумов 32

*Глава II.* ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС . . . . . 40

8. Прессование пластиков и пресслитье . . . . . —
9. Методы переработки слоистых пластиков . . . . . 57
10. Методы переработки листовых термопластов . . . . . 62
11. Литье под давлением . . . . . 65
12. Механическая обработка резанием . . . . . 73

*Глава III.* ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС 77

13. Пластические массы в приборостроении и машиностроении . . . . . —
14. Пластические массы в электротехнике слабых и сильных токов . . . . . 85
15. Пластические массы в строительном деле . . . . . 93

Приложение I. Состав, методы переработки и области применения пластических масс . . . . . 111

Приложение II. Краткий словарь специальных терминов, названий пластиков и химических веществ . . . . . 119

Редактор П. И. Малявко
Техн. редактор Л. Г. Левоневская Корректор Р. Ю. Хесина.
Подписано к печати 17 декабря 1949 г. Формат бумаги 82 × 108¹/₃₂. Объем 7³/₄ п. л.
Уч.-изд. л. 6,9. Тираж 5.000. М-20088. Изд. № НТП³/₁₇₂. Цена 1 р. 90 к. Заказ № 1253.

Типография им. Володарского

[redacted]

1 р. 90 к.

НОВАЯ ЦЕНА

1-15

Б. А. Дохительский и Б. С. Вайсблат • ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ